Site de Nîmes

Laurent RICOL

L'utilisation des logiciels de simulation d'Electrotechnique en cours de synthèse

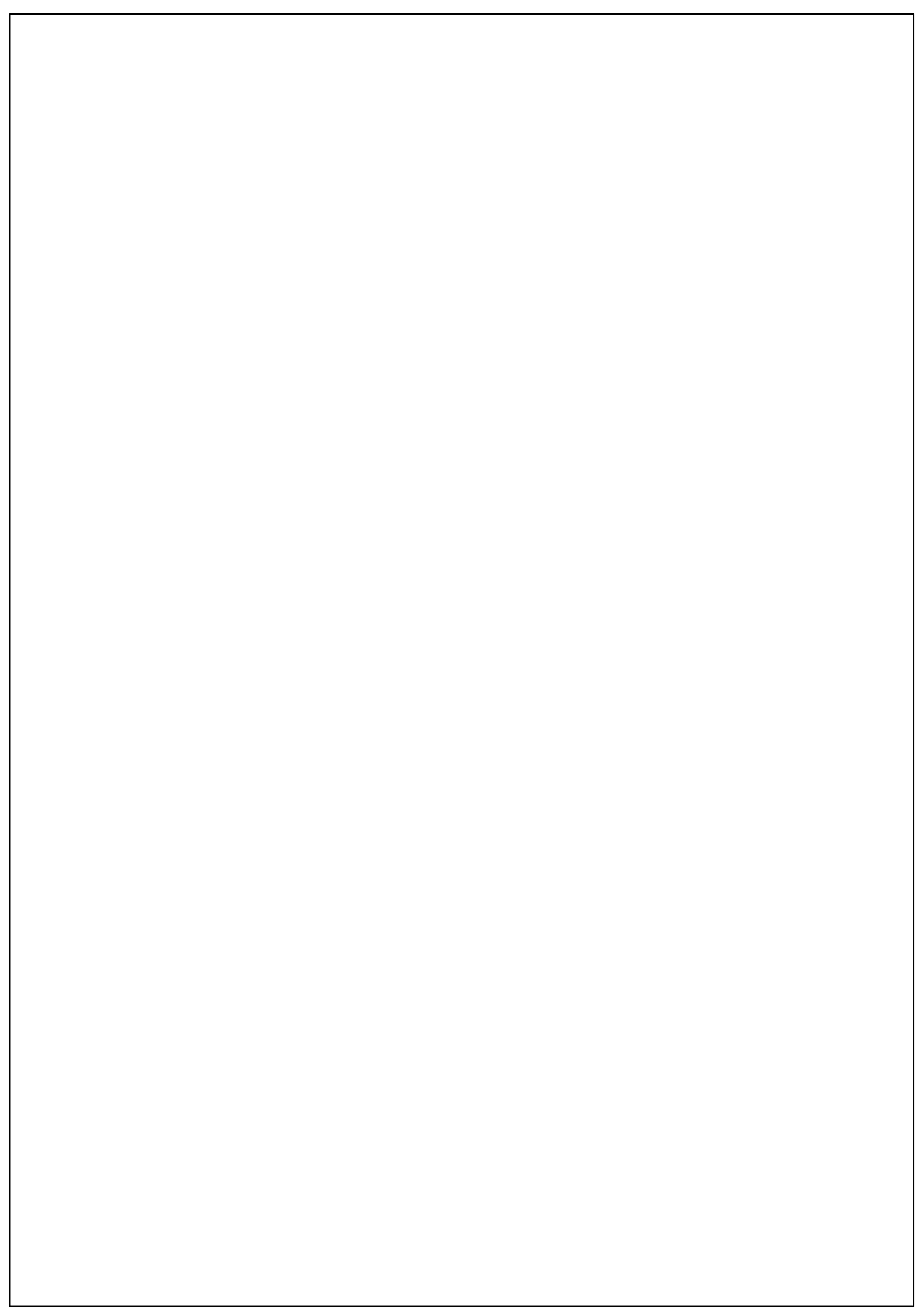
Mémoire Professionnel :
Génie Electrotechnique
Classes de Première et de Terminale
Lycée Technologique Régional Dhuoda de Nîmes

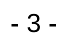
Tuteur : Jean Claude CABANEL
Assesseur : Jean Pierre DELORME

Année 2002 / 2003

Je tiens à remercier vivement Monsieur Jean-Claude CABANEL, professeur au Lycée Technologique Régional Dhuoda de Nîmes et tuteur de ce mémoire pour son aide et ses précieux conseils, ainsi que Monsieur DRUETTO, Inspecteur Pédagogique Régional de l'Académie de Montpellier pour sa collaboration à l'envoi de l'enquête réalisée, à l’ensemble des établissements de l'Académie.

Observations du Jury :





Résumé :

Les cours de synthèses sont-ils bien adaptés à l'acquisition des compétences découvertes lors des séances de Travaux Pratiques tournants. On peut légitimement se poser la question au vu des dérives constatées : concepts difficilement dégagés lors des TP, cours de synthèses décalés qui ne permettent par toujours l'étude correcte des fonctions. Afin d'améliorer la démarche pédagogique et de privilégier les activités de réflexion et d'analyse, l'idée serait d'effectuer à partir d'un outil de simulation informatique, des études fonctionnelles conséquentes et facilement compréhensibles par les élèves pour faire l'étude des fonctions décrites dans le référentiel.

Mots clés :

Logiciel – Simulation – Psim – Cours – Synthèse - Asservissement

Summary :

We can wonder whether the class during which we make a synthesis are suited to develop the knowledges during practical works. We are right to wonder about their roles because of the problems we noticed : some concepts are difficult to make out during practical works, some lectures come too late, which makes it difficult to study the functions correctly. So as to improve our teaching methods and put an emphasis on analysis and thinking, we could use a simulation software to study complex systems which would make it easier to understand for students who will then study the functions described in the syllabus.

Sommaire

Annexes

1 - Présentation de la problématique

Les systèmes automatisés actuellement étudiés en classe de Première et Terminale STI Génie Electrotechnique comportent toujours un système de conversion d'énergie choisi dans l'un des domaines suivants :

- l'électrothermie,
- l'éclairage,
- la force motrice,

où par ailleurs la conversion d'énergie prend une place prépondérante.

L'enseignement des systèmes à dominante électrotechnique doit éviter les études théoriques qui ne seraient pas en relation avec le concret et où les modélisations ne seraient pas confrontées aux phénomènes physiques mesurés sur le système.

Dans le cas où l'on ne dispose pas de systèmes physiques, on a donc recours à des dossiers d'exemples industriels effectivement réalisés ou à des dispositifs de simulation industriels.

Pour cela, les élèves des sections STI Génie Electrotechnique étudient des systèmes et sous-systèmes qui matérialisent les véritables systèmes industriels.

A travers l'ensemble de ces systèmes et sous-systèmes, il s'agit donc de donner le moyen à nos élèves d'acquérir un certain nombre de compétences décrites dans le référentiel, qui devront être validées au terme des deux années d'études qui les préparent au Baccalauréat.

La stratégie pédagogique telle qu'elle est actuellement définie doit permettre de valider différentes compétences attendues dans différents domaines :

- les outils d'analyse des systèmes techniques,
- la distribution et la gestion de l'énergie
- la protection des biens et des personnes,
- l'étude et l'exploitation d'un système de conversion,
- l'étude et l'exploitation d'un système automatisé,

Etat des lieux :

Les études de systèmes et sous-systèmes sont réalisées lors de séances de Travaux Pratiques tournants (TP). Les élèves se retrouvent alors en binôme pour étudier un des systèmes ou sous-systèmes qui va leur permettre d'acquérir une ou plusieurs compétences à travers l'étude d'une fonction.

L'inconvénient principal vient du fait que ce mode de fonctionnement ne permet actuellement pas de valider en même temps les mêmes fonctions (donc les mêmes compétences) pour tous les élèves, étant donné que l'on est dans l'impossibilité matérielle de tous les faire étudier sur un même système.

De plus, en ce qui concerne le contenu des TP, on peut aisément constater que les concepts sont difficilement dégagés, ces derniers essentiellement basés sur des mesures et des relevés.

Par ailleurs, les cours dits "de synthèse" sont souvent décalés par rapport aux séances de TP (rappelons le " tournants ") et ne permettent pas toujours une étude correcte des différentes fonctions.

Objectifs visés :

Afin d'améliorer la démarche pédagogique et au vu des dérives constatées, l'idée serait donc de faire travailler nos élèves sur une fonction identique, même si les systèmes étudiés sont différents.

A partir de là, le cours de synthèse prendrait alors toute sa dimension car il apparaîtrait donc être le moment idéal, non pas pour acquérir de nouvelles connaissances mais justement pour synthétiser et conceptualiser ce que les élèves ont découvert et appris lors des séances de TP.

Si la fonction traitée s'y prête, l'outil informatique et notamment les logiciels de simulation pourraient alors être introduits lors de ces séances de synthèses ce qui permettrait, afin de " coller " au plus prêt de la réalité, d'effectuer à partir de systèmes réels des études conséquentes et facilement compréhensibles par les élèves, de mettre en évidence les fonctions essentielles et de privilégier les activités de réflexion et d'analyse.

Je vais donc dans ce qui va suivre vous présenter tout d'abord les résultats de l'enquête que j'ai réalisée auprès des établissements de l'académie concernant les différents logiciels utilisés en Electrotechnique, puis par la suite faire l'inventaire des différents logiciels de simulation qui existent sur le marché et enfin vous présenter des exemples de simulation qui pourraient être réalisés à travers un cours de synthèses portant sur l'étude d'une seule et même fonction.

2 – Enquête réalisée auprès des établissement de l'académie

Il s'agissait pour moi de faire un état des lieux des logiciels utilisés dans les 12 lycées technologiques que compte l'Académie de Montpellier.

En ce qui me concerne, l'objectif était pour moi :
- de savoir d'une part si la simulation en Génie Electrotechnique se pratiquait dans certains lycées et si tel était le cas de connaître les logiciels de simulations utilisés au sein de l'établissement ou à titre personnel par les enseignants,
- de savoir d'autre part si les différentes équipes pédagogiques avaient des souhaits précis pour de nouveaux logiciels.

J'ai donc envoyé une enquête par Email, sous couvert de Monsieur l'Inspecteur Pédagogique Régional, à l'ensemble des Chefs de Travaux des différents établissements afin qu'ils puissent la transmettre aux professeurs de STI Génie Electrotechnique.

Nîmes, le 4 février 2003

Laurent RICOL
Professeur stagiaire PLC2 Génie Electrotechnique
Lycée Dhuoda, Nîmes

à l'attention de

Messieurs les Professeurs de STI et BTS Electrotechnique
s/c Monsieur l'Inspecteur Pédagogique Régional
s/c Messieurs les Chefs des Travaux

Objet : Mémoire professionnel. Enquête sur les logiciels de simulation en Electrotechnique

Chers collègues de Génie Electrotechnique,

Dans le cadre d'une enquête réalisée au sein de l'Académie de Montpellier, je souhaiterais savoir si vous utilisez au sein de votre établissement ou à titre personnel un logiciel de simulation d'Electrotechnique (exemple : Pspice, Psim sous Simcad, Simulink sous Matlab,…).

Si tel est le cas, veuillez me préciser de quel(s) logiciel(s) s'agit-il et quelles en sont les applications en Electrotechnique (électronique de puissance, asservissement, électronique analogique et numérique,…).

Je vous remercie par avance de votre participation et du temps que vous consacrerez en réponse à cette enquête.

Laurent RICOL
Professeur de Génie Electrotechnique

PJ : document réponse

Je vous remercie de pouvoir me retourner cette enquête (par Mail si possible) avant les vacances de Février :

Par Email : ricollaurent@yahoo.fr

Par courrier : Lycée Technologique Régional Dhuoda
Monsieur Laurent RICOL
17, rue Dhuoda – BP 7155 – 30913 NIMES Cedex 2

Logiciels présents dans votre établissement pour les applications suivantes :

✍✍ Electrotechnique :

? schéma : ....

? électronique de puissance : ....

? électronique analogique : ....

? simulation : ....

? asservissement : ....

? autre : ....

✍✍ Automatisme :

? A.P.I : ....

? simulation de parties opératives : ....

? électronique numérique : ....

? autre : ....

Souhaits de l'équipe pédagogique pour d'autres logiciels:

....

....

....

....

....

....

....

Bilan de l'enquête :

Je tiens à remercier les établissements qui ont répondu à cette enquête.

En ce qui concerne les réponses obtenues, aucun lycée n'utilise de logiciel de simulation d'Electrotechnique.

Seuls sont respectivement utilisés les logiciels Workbench et Schémaplic pour concevoir et simuler des circuits électroniques ou des schémas électriques.

Les souhaits pédagogiques sont divers et variés mais ne concernent pas de logiciel de simulation.

3 – Les différents logiciels industriels de simulation

Il y a quelques années, l'offre des logiciels de simulation de circuits électriques était assez pauvre.
Depuis peu, elle s'est largement étoffée et on peut trouver maintenant des produits très performants, dédiés à l'électronique, à l'électronique de puissance ainsi qu'à l'électrotechnique dont certains sont très répandus dans l'industrie.

Grâce à Internet, j'ai donc pu trouver une panoplie de logiciels de simulation utilisés en Génie Electrique qui ont bien évidemment des performances différentes : certains sont très puissants mais nécessitent parfois une prise en main assez longue, certains sont bien adaptés pour réaliser des schémas fonctionnels sous forme de schémas blocs et effectuer des boucles d'asservissement, d'autres disposent de bibliothèques très complètes pour l'électrotechnique (moteurs, transformateurs, électronique de puissance,….).

Voici une brève description de ces différents logiciels :

3.1 - Microsim Pspice

La référence en matière de simulation en électronique, très puissant, qui dispose d'une bibliothèque assez importante. Assez bien adapté pour l'électronique de puissance, il permet une prise en main très rapide.
Seul inconvénient majeur, il ne dispose pas d'une bibliothèque de composants d'Electrotechnique (comme des moteurs à courant continu, des machines asynchrones, des charges mécaniques,…)
Il existe une version de démonstration utilisable pour la plupart des circuits étudiés jusqu'au BTS.

3.2 - Matlab Simulink

Issu d'un logiciel de calcul (Matlab), ce logiciel très puissant est bien adapté pour simuler des systèmes régulés ou asservis mais il nécessite malheureusement des qualités d'abstraction en créant des fonctions et en les assemblant sous forme de

schémas blocs (Simulink). De plus, il ne permet pas de dessiner un véritable schéma électrique .

Ce logiciel semble donc être plus approprié pour des classes Post-bac, voire des écoles d'Ingénieurs que pour des classes de Première et de Terminale.

3.3 - Simplorer

Ce logiciel visiblement très complet permet de réaliser des circuits électriques et de faire de l'automatisme par blocs fonctionnels.

Ce logiciel, à priori bien adapté pour l'électrotechnique nécessite malheureusement une prise en main qui demande du temps.

3.4 - Circuit

Ce logiciel permet l'analyse et la conception de circuits en électronique et en électronique de puissance mais il utilise des modèles de composants trop simplifiés (binaires, résistifs,…).

3.5 - Psim

Ce logiciel permet une simulation pour l'électronique de puissance avec une bibliothèque très complète pour l'électrotechnique (moteurs, transformateurs, électronique de puissance). La modélisation des composants est à la fois simplifiée mais aussi assez proche de la réalité ce qui rend le logiciel utilisable pour la plupart des circuits étudiés jusqu'au BTS. Il a de plus l'énorme avantage d'être assez simple d'utilisation.

Il existe une version de démonstration qui ne diffère de la version complète que par le nombre d'éléments disponibles sur le schéma et le nombre de points sur les graphes du scope.

Au vu de cette étude comparative, mon choix s'est donc naturellement porté sur ce dernier logiciel Psim.

Je me suis donc connecté sur le site Internet du fabricant américain (www.powersimtech.com) sur lequel j'ai pu par la suite télécharger la version de démonstration et demander par Email les tarifs des licences.

4 – Le logiciel PSIM de la société Powersim

Le logiciel PSIM a été spécialement développé pour simuler des systèmes électriques comportant de l'électronique de puissance et des convertisseurs.

4.1 – Présentation générale du logiciel

Un circuit électrique est créé très rapidement, en utilisant la souris pour prendre dans la bibliothèque les éléments recherchés et les placer dans le circuit.
Il est possible de connecter des sources, des convertisseurs, les charges mécaniques, des instruments de mesure,…, tout cela sur le même schéma.

Il comprend donc une bibliothèque assez importante de matériels et de composants du Génie Electrique : semi-conducteurs, transformateurs, moteurs, capteurs, sources de tension ou de courant, éléments passifs et fonctions électronique, logique ou mathématique.
Il est possible de connaître les caractéristiques des différents éléments par un simple double clic avec la souris mais aussi de les paramétrer ou de régler les conditions initiales.
Si un même sous-ensemble apparaît plusieurs fois, il est possible de créer un bloc fonction que l'on pourra alors réutiliser.

Mon expérience personnelle m'a montré qu'il permet une prise en main facile. De plus, d'après le fabricant, ce logiciel semble être l'un des plus rapides et des plus puissants simulateurs en électrotechnique disponible sur le marché.

Toutes ces qualités font donc de lui à mon avis, un logiciel idéal pour les équipes enseignantes de Première, Terminale STI et de Sections de Technicien Supérieurs, permettant d'aborder différents aspects d'un système :

- électrotechnique,
- électronique analogique,
- électronique numérique,
- asservissement.

4.2 – Configuration du logiciel

La version de base du logiciel PSIM intègre donc :

- un éditeur graphique avec sa bibliothèque,
- un simulateur avec lequel il est possible de paramétrer le temps de simulation,
- une interface de visualisation sur laquelle s'affiche les courbes et grâce à laquelle on peut faire des opérations arithmétiques: mesures des valeurs instantanées, moyennes, efficaces ou même tracer des spectres de décomposition en série de Fourier (FFT).

Cette configuration de base peut être complétée par 3 modules :

- une librairie de machines électriques,
- une librairie de fonctions de contrôle / commande numériques ou discrètes,
- un module permettant une simulation sous le logiciel Matlab / Simulink.

Il existe trois versions de logiciel:

- une version professionnelle,
- une version éducative,
- une version de démonstration.

? ? La version professionnelle :
Elle dispose bien évidemment de toutes les fonctions dont le logiciel dispose sans aucune limitation de taille au niveau de la conception du schéma et de la simulation.

? ? La version éducative :
A mi-chemin entre la version professionnelle et celle de démonstration, elle dispose de l'ensemble des fonctions du logiciel mais le nombre total de composants est limité à 60.

? ? La version de démonstration :
Cette version gratuite, dispose de l'ensemble des fonctions excepté celle de l'éditeur de fonctions. De plus, le nombre d'éléments est ici limité à 34.

4.3 – Les licences éducatives

La version éducative n'est disponible que pour l'achat d'un minimum de 5 licences. L'installation des logiciels, très simple, ne prend que quelques secondes et son activation est réalisée par une connexion Internet.

Les prix des licences (TTC) :

? ? Version de base PSIM : 123 Euros

? ? Modules additionnels :
- librairie de machines électriques : 70 Euros
- librairie de fonctions contrôle / commande numériques ou discrètes : 70 Euros
- module de simulation sous Matlab / simulink : 70 Euros

Remarque : Pour 20% du prix de la licence, soit 24 Euros, une maintenance annuelle donne droit à une aide technique et aux versions de mises à jour.

Pour un devis ou toutes informations complémentaires, il est possible de contacter le distributeur européen par Email ou par courrier aux coordonnées suivantes :

POWERSYS
Les grandes terres
13650 Meyrargues
France

Tel: 04.42.63.60.88
Fax: 04.42.63.61.19

Email: info@powersys.fr

A noter que la société Powersys a présenté, au Lycée Dhuoda, le logiciel à Monsieur Delorme, Chef des Travaux Adjoint de l'établissement, ainsi qu'à différents professeurs de Génie Electrotechnique dont Monsieur Cabanel.

5 – Exemples de simulation à travers un cours de synthèse

5.1 - Rappel de la problématique

Les enseignements technologiques en classe de Première et Terminale STI Génie Electrotechnique s'appuient sur des systèmes techniques industriels (transgerbeur, station de pompage, station de brunissage,…).

Les études fonctionnelles et matérielles se font généralement sur des sous-systèmes associés (ex : régulation d'un bain pour la station de brunissage, axe Z pour le transgerbeur, ….) qui consistent en :

- une identification des matériels utilisés,
- une justification des choix technologiques,
- des mesures afin de vérifier les performances,
- des réglages de configurations et de paramétrages.

Comme je l'ai présenté dans la problématique, le cours de synthèse prend toute sa dimension lorsqu'il s'agit d'étudier une seule et même fonction à partir de ce que les élèves ont étudiés en TP sur les systèmes et sous-systèmes.

Je vais donc dans ce qui va suivre vous présenter les simulations que l'on pourrait effectuer durant un cours de synthèse portant sur une fonction précise, tout en ayant une démarche très progressive au niveau de la difficulté de compréhension et d'assimilation, facilité entre autre par la simulation.

5.2 - Etude de la fonction " commander la puissance " :

5.2.1 – Etude de la fonction à travers des Travaux Pratiques

On se propose d'étudier **la fonction "commander la puissance".**

Voici donc un extrait du référentiel sur les compétences que les élèves de Terminale doivent acquérir en vue de leur préparation au Baccalauréat, concernant la fonction **" commander la puissance**" par **contrôle tout ou rien** ou **par modulation d'énergie :**

Caractérisation du contrôle ou de la modulation :
Caractères de la charge à contrôler – Etats de la charge (vitesse, température, luminosité) : obtenir différents états; régler un débit; maintenir un état constant; asservir un état à une variable; faire varier une vitesse de rotation de façon à maintenir une vitesse linéaire constante - Plage de variation - Niveau de stabilité

Compétences attendues :
C 42 Analyser le circuit de puissance du modulateur et tester son bon fonctionnement
C 43 Identifier les éléments externes des boucles de rétroaction
C 44 Vérifier, à l'aide de mesurages pertinents, les performances attendues du système de conversion.

Lien avec les séances de travaux pratiques

Pour étudier cette fonction en TP et acquérir les compétences définies dans le référentiel, les élèves travaillent sur 2 sous-systèmes :

- le bain de traitement thermique, sous-système de la station de brunissage,
- l'axe Z, sous-système du transgerbeur.

✍✍La station de brunissage est un système qui permet le trempage de pièces devant subir un traitement thermique dans différents bains. Le bain de traitement thermique permet d'étudier la régulation de température des bains de la station de brunissage.

✍✍Le transgerbeur est un système qui permet de stocker ou déstocker automatiquement des caisses référencées selon 3 axes (horizontal, vertical, transversal). L'axe Z didactisé du lycée permet d'étudier les déplacements sur les axes, représentatifs de ceux effectués en réalité.

Actuellement dans les différents lycées de l'Académie, ces 2 sous-systèmes permettent aux élèves de terminale d'effectuer les TP formatifs suivants :

Bain de traitement thermique :

?? l'étude de la régulation du bain en mode Tout Ou Rien ou en mode proportionnel

Objectif : relever et caractériser les performances des deux modes de régulation (précision, rapidité, stabilité),

Axe Z :

?? l'étude du fonctionnement quatre quadrants

Objectif : analyser le fonctionnement d'un hacheur 4 quadrants

?? l'étude de la loi de commande du variateur de vitesse

Objectif : relever la loi de commande du variateur et étudier la boucle de régulation

Ces 3 TP formatifs vont me servir de base pour développer une séance de synthèse avec l'utilisation de l'outil de simulation pour l'étude des asservissements.

5.2.2 – Etude de la fonction à travers le cours de synthèse

L'objectif de ce cours en utilisant un logiciel de simulation est de permettre aux élèves de :

- revoir le fonctionnement d'un hacheur 4 quadrants alimentant un moteur à courant continu,
- d'aborder avec les élèves la notion d'asservissement par le mode Tout ou Rien
- d'étudier l'asservissement d'un système bouclé et avec l'introduction des notions de régulation Proportionnel, et Proportionnel intégral, qui ne sont par ailleurs pas du tout évidentes pour des élèves de Terminale.

On peut donc constater que l'étude des asservissements fait appel à des connaissances de base. Ce cours de synthèse vise à donner les principes généraux relatifs aux notions précédemment citées.

Un tel cours, s'il venait à être réalisé avec les élèves se déroulerait de la façon suivante. Durant l'exposé, les élèves écoutent et sont attentifs à la présentation orale et aux simulations réalisées en "live" pendant le cours. A la fin de l'exposé, une fiche de synthèse leur est distribué sur laquelle ne figure que l'essentiel des notions à connaître.

5.3 - Le cours de synthèse :

Pour ce cours, je propose le plan suivant :

Introduction
I - La variation de vitesse d'une machine à courant continu
II - La variation de la vitesse à l'aide d'un convertisseur continu / continu
III - Présentation d'un système bouclé
IV – Etude des asservissement par mode Tout ou Rien
V – Etude des asservissement par modulation d'énergie
    V.1 – Détermination du schéma bloc moteur
    V.2 – Etude de l'influence des correcteurs en boucle fermée
Fiche de synthèse

Introduction:

Afin d'améliorer les performances des processus industriels, il est nécessaire de maîtriser les grandeurs mises en jeu. On est donc amené à concevoir des systèmes ou la grandeur désirée s'aligne rigoureusement sur une grandeur de consigne quelque soit l'environnement.

En régulation ou en asservissement, le système doit réagir dès qu'un changement d'état se manifeste :

- La régulation est en fait un dispositif qui consiste à maintenir une grandeur physique à une valeur fixée,
- L'asservissement consiste à appliquer une loi de variation déterminée à l'avance à une ou plusieurs grandeurs physiques:

Exemples :

- régulation de température à 100°,
- asservissement de la vitesse en fonction d'une consigne de vitesse déterminée (phases de démarrage et de d'arrêt).

A travers les TP, les élèves ont été amenés à paramétrer des régulateurs afin d'améliorer les performances de ces systèmes. Pour étudier la notion d'asservissement, nous allons donc revenir sur l'asservissement de vitesse d'une machine à courant continu (on fait ici référence au TP sur l'axe Z).

I - La variation de vitesse d'une machine à courant continu

Rappel sur la machine à courant continu:

La machine à courant continu, notamment utilisée pour la commande d'axe utilise la variation de vitesse. Celle-ci peut être obtenue en agissant sur l'induit ou l'inducteur de la machine.

Dans le cas d'une machine à aimant permanent, le seul moyen d'agir est de faire varier la tension d'alimentation de l'induit.

Problème : comment faire varier cette tension ?

<u>1er cas :</u> on souhaite faire tourner le moteur à sa vitesse nominale

Nous allons simuler une MCC, alimentée par une alimentation continue qui entraîne une charge mécanique.

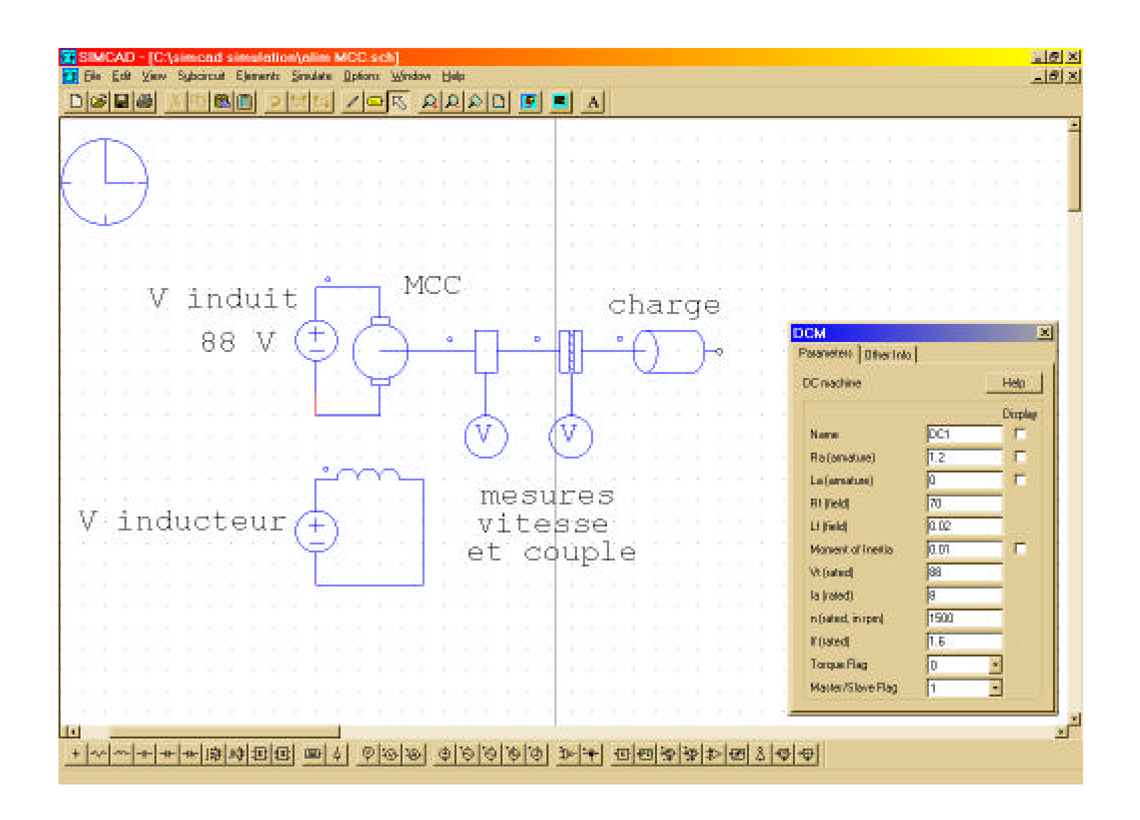
Les caractéristiques de la machine sont les suivantes :
- Coefficient de proportionnalité entre la vitesse angulaire et la fem de l'induit : Ke = 0.5 V/rd,
- Coefficient de proportionnalité entre le courant et le couple : Kc = 0.5 Nm/A,
- Vitesse nominale de rotation nm = 1500 tr/min,
- Résistance de l'induit : R = 1.2 O,
- Courant nominal d'induit : In = 8 A,
- Moment d'inertie total ramené à l'axe moteur : J = 0.02 kg.m2.

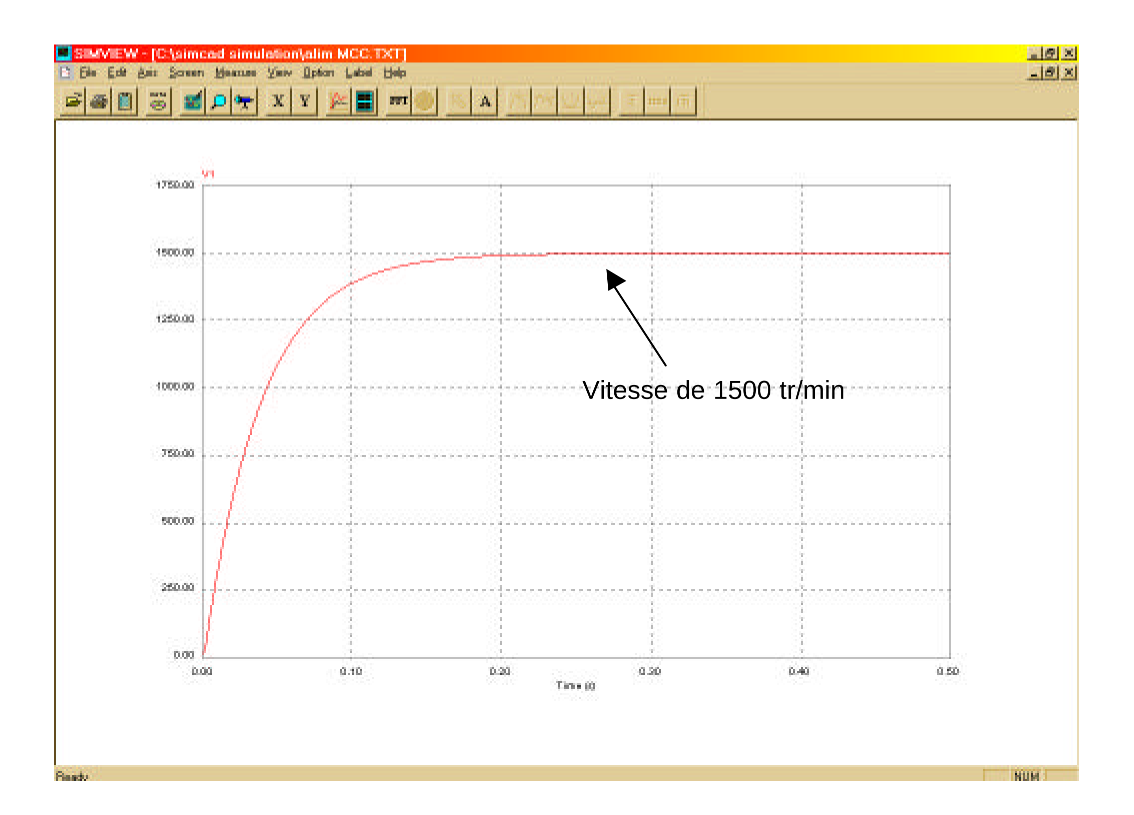
Remarque : Pour effectuer la régulation d'un système du 1er ordre, on néglige l'inductance de l'induit et les frottements visqueux.

Un calcul simple nous permet de déterminer la tension d'alimentation afin de faire tourner le moteur à sa vitesse nominale sachant qu'en régime permanent :
U = E + R.I avec E = Ke . O

Soit U = 0.5 . (1500.? / 30) + 1.2 . 8 = 88 V

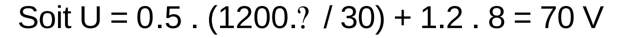
<u>Simulation :</u>
Après avoir tracé le schéma comportant un générateur de tension alimentant le moteur précédemment défini, la simulation permet d'obtenir la courbe de mise en vitesse et de vérifier la vitesse du moteur à 1500 tr/min..

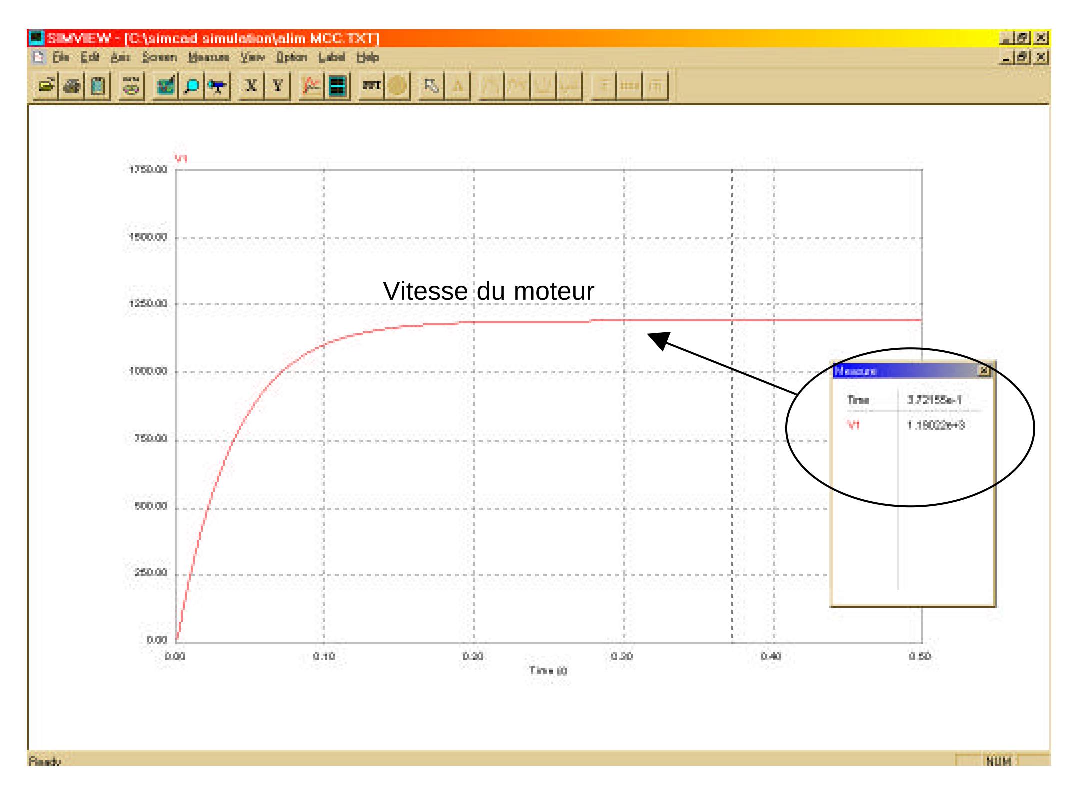




<u>2^ème^ cas :</u> on souhaite faire varier la vitesse du moteur

Imaginons que l'on souhaite obtenir une vitesse de rotation de 1200 tr/min, on va donc être amené à diminuer la tension d'induit, ce qui nécessite un nouveau réglage de la tension d'alimentation.


Soit U = 0.5 . (1200.? / 30) + 1.2 . 8 = 70 V



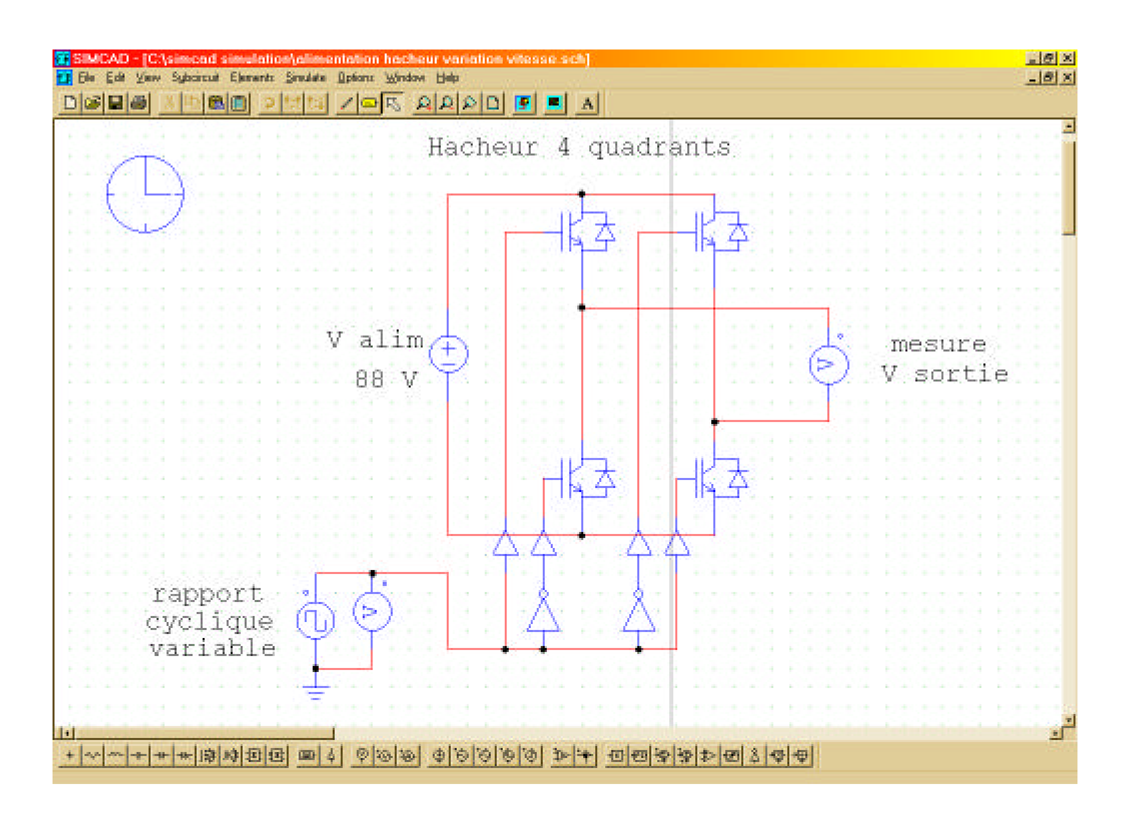
<u>Simulation :</u> La Simulation confirme bien que la variation de la tension d'alimentation permet de faire varier la vitesse de rotation du moteur.

Problème :

Dans l'industrie, on ne dispose bien évidemment pas d'alimentations variables pour régler la vitesse du moteur mais de variateurs industriels.

Ces variateurs sont constitués en fait de convertisseurs statiques continu / continu, appelés hacheurs, qui permettent de faire varier la vitesse en fonction d'un rapport cyclique ? .

Ce convertisseur est composé de 4 interrupteurs commandés, qui permettent de faire varier la tension d'alimentation en fonction du rapport cyclique.
La tension de commande est de 0 / 15V avec un rapport cyclique variable.

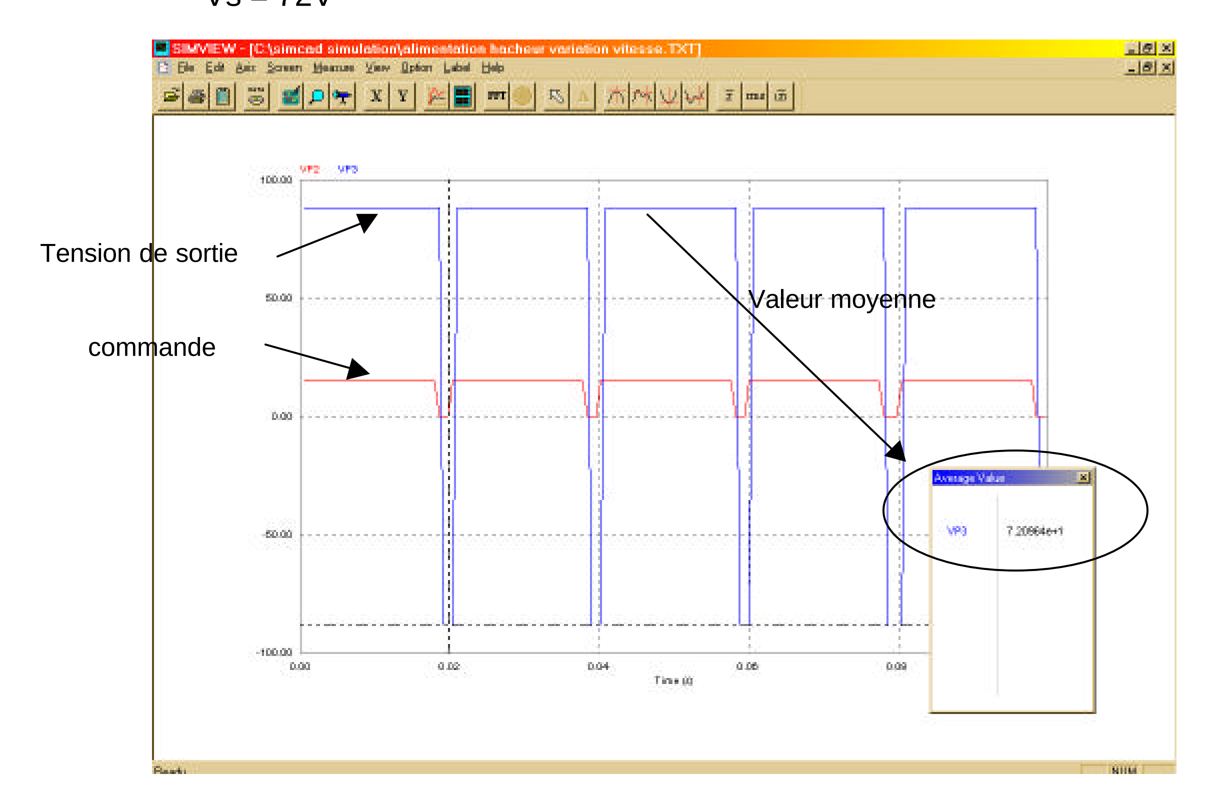


Grâce à la simulation, l'élève va très facilement comprendre que faire varier le rapport cyclique fait varier la tension de sortie, dont il peut par ailleurs mesurer la valeur moyenne.

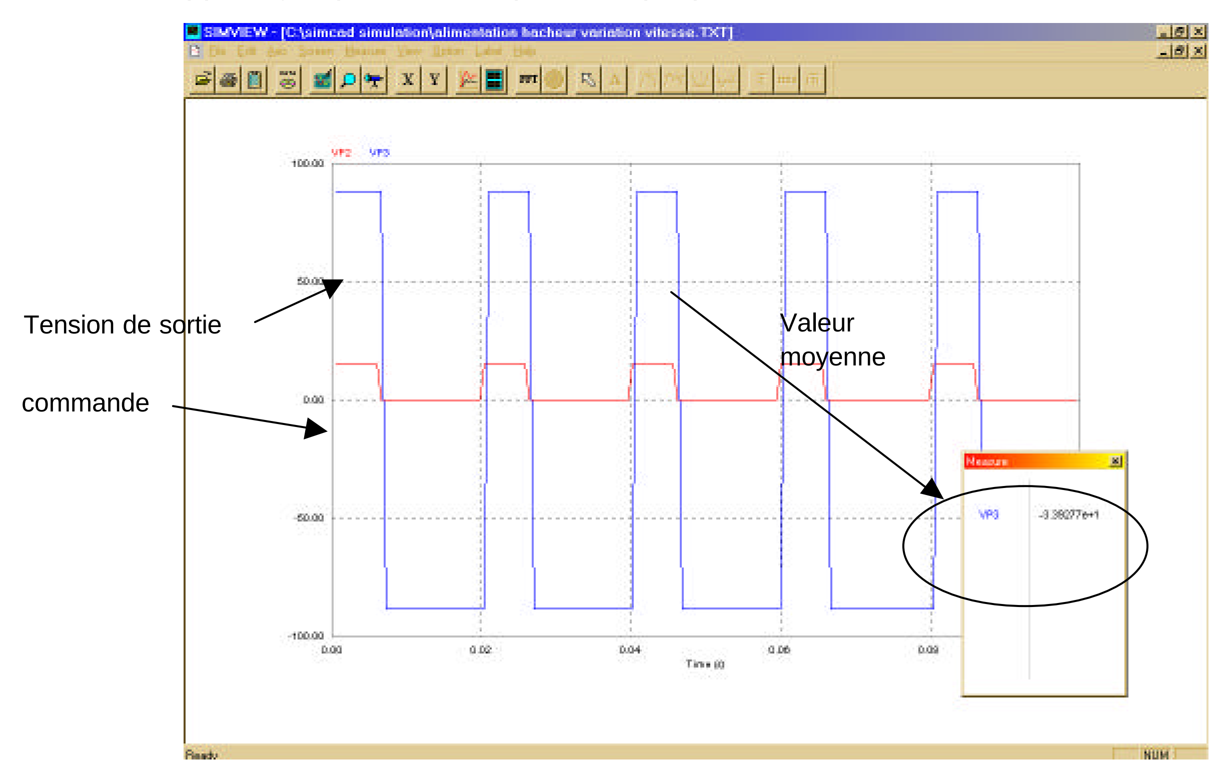
On pourra ainsi facilement faire apparaître la relation qui lie la tension de sortie à la tension d'entrée, à savoir :

Vs = (2? -1).Ve

Simulations : La simulation pour un rapport cyclique de 0.9 donne une tension de sortie Vs = 72V



Pour un rapport cyclique différent, par exemple pour ? = 0.3, on obtient Vs = -34 V

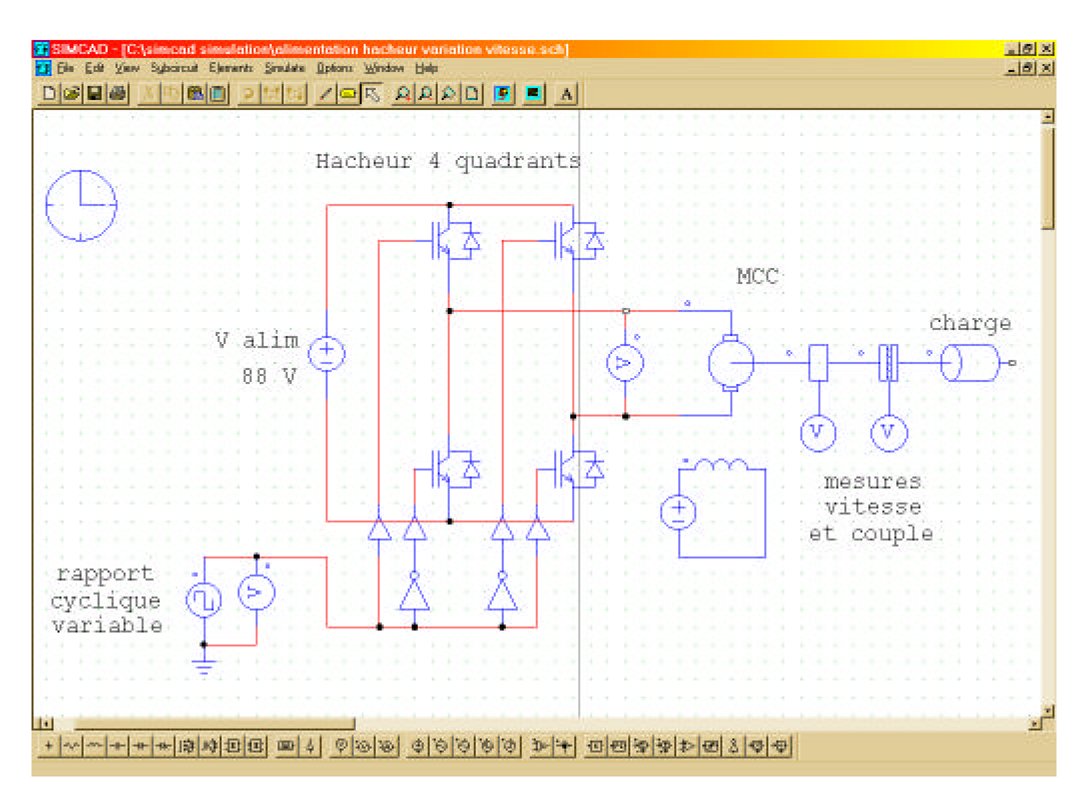


Par conséquent, on peut montrer que pour x < 0.5, la valeur moyenne de la tension de sortie est négative. Cette simulation permet de faire comprendre par exemple aux élèves

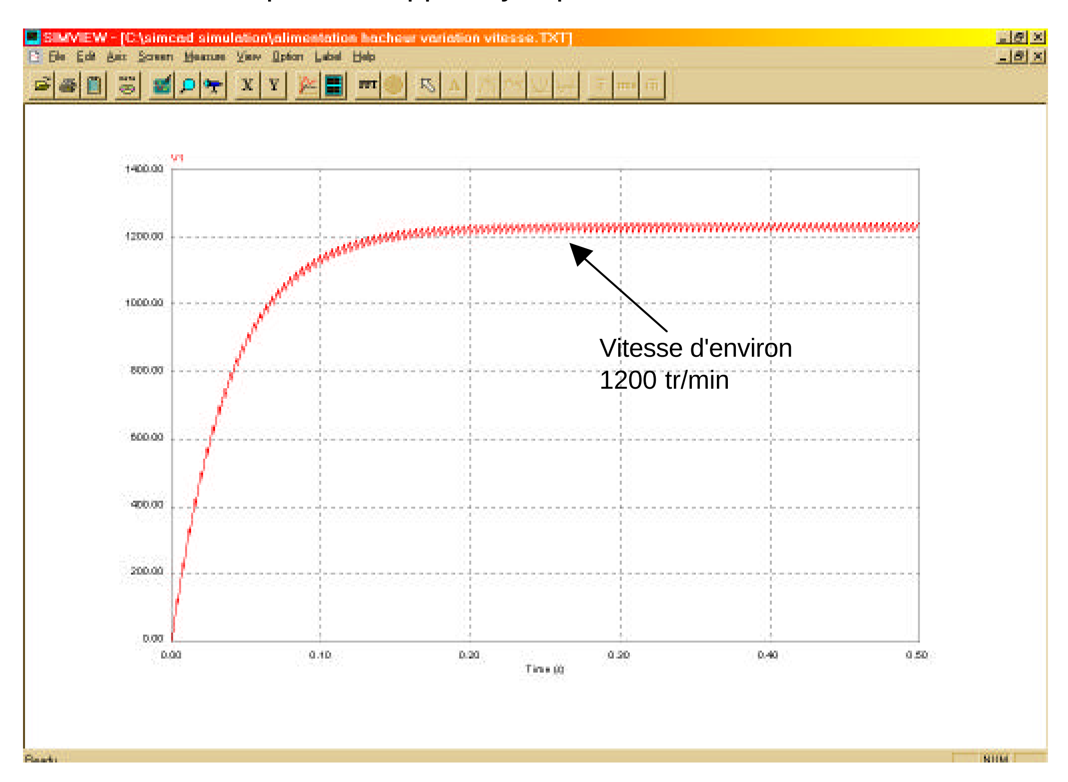
que l'on peut inverser le sens de rotation du moteur pour un rapport cyclique inférieur à 0.5 car la tension moyenne aux bornes du moteur est alors négative.

II - La variation de la vitesse à l'aide d'un convertisseur continu / continu

Pour faire varier la vitesse du moteur, on l'alimente maintenant directement par l'intermédiaire du hacheur.

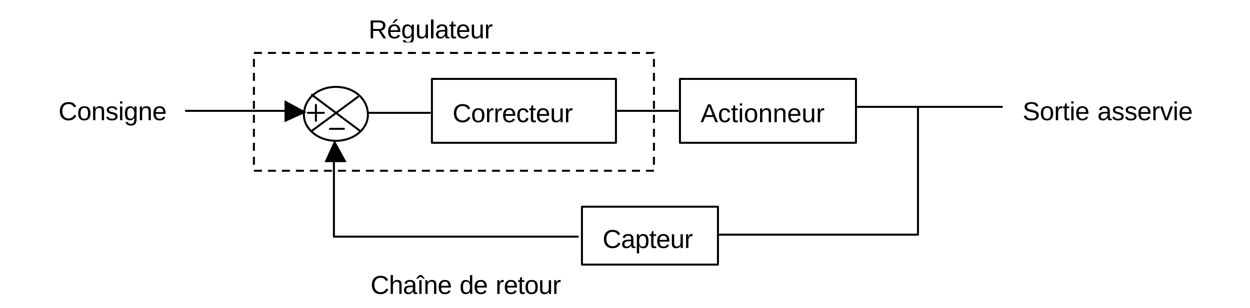


Simulation : La simulation nous permet de vérifier que la vitesse est d'environ 1200tr/min pour un rapport cyclique de 0.9



III - Présentation d'un système bouclé

Un système asservi est un système bouclé dans lequel on distingue :
- la chaîne directe qui permet de corriger les effets sur le système (régulateur, actionneur),
- la chaîne de retour, appelée aussi boucle de rétroaction, qui surveille en permanence l'état de la sortie pour informer le régulateur des modifications à apporter à la chaîne directe.



Le régulateur : il élabore un signal de commande nécessaire au pilotage du système.
Il comporte :
- un comparateur qui donne l'erreur entre la consigne et la sortie du système,
- un correcteur qui permet d'améliorer les performances de l'asservissement.

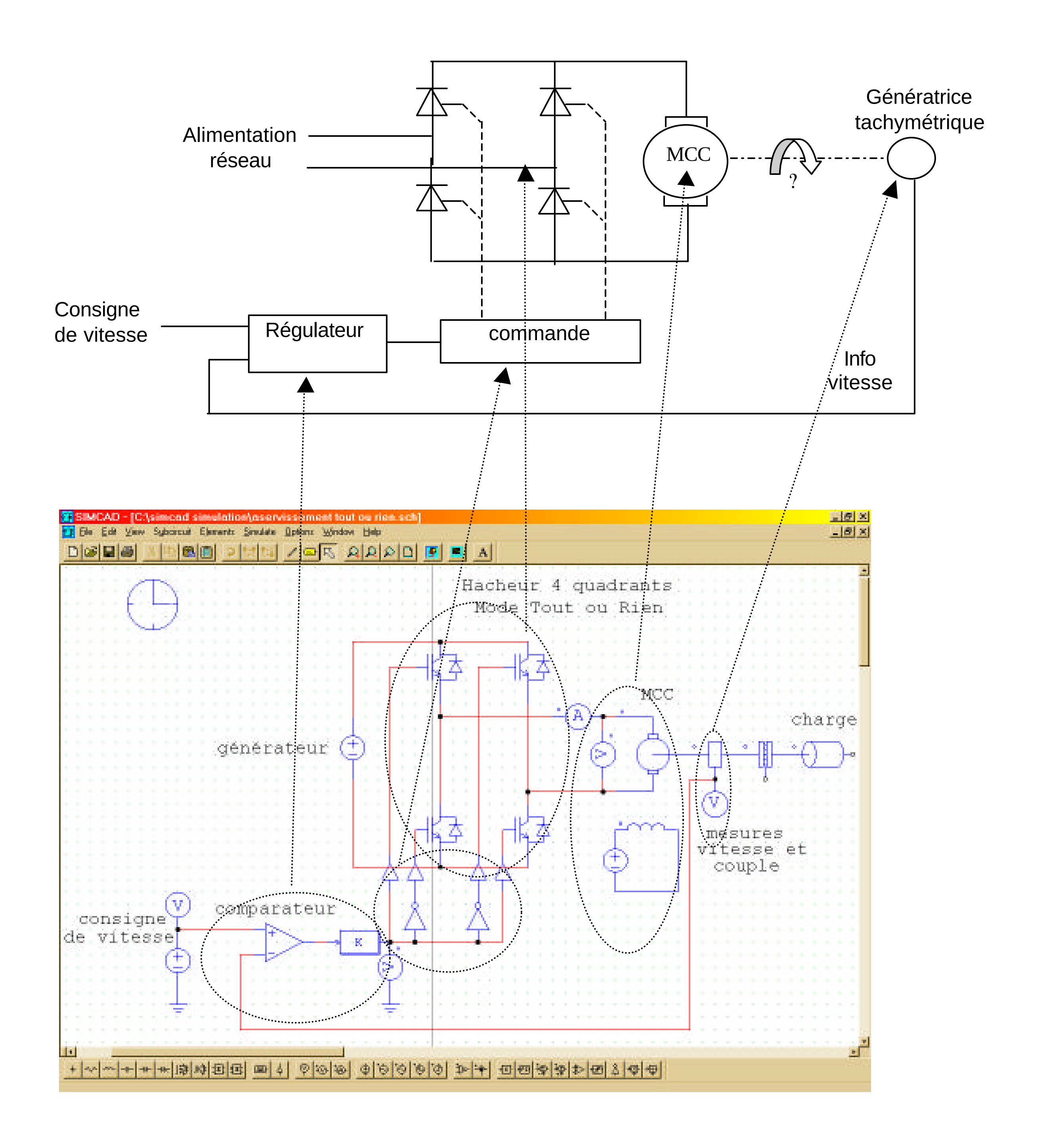
L'actionneur : il fournit la puissance au processus à partir du signal élaboré par le régulateur (moteur, vérin,…)

Le capteur : il mesure la grandeur de sortie et la transmet au régulateur (génératrice tachymétrique, sonde de température, codeur incrémental,…)

Dans le cas d'un asservissement de vitesse, l'actionneur est composé du hacheur et du moteur, le capteur étant quant à lui la génératrice tachymétrique.

Le retour d'information délivré par la génératrice tachymétrique, va donc informer le régulateur de la vitesse instantanée de rotation du moteur. Si celle-ci n'est pas conforme à la loi de commande, une correction va être effectuée pour apporter au hacheur la correction qui doit être faite.

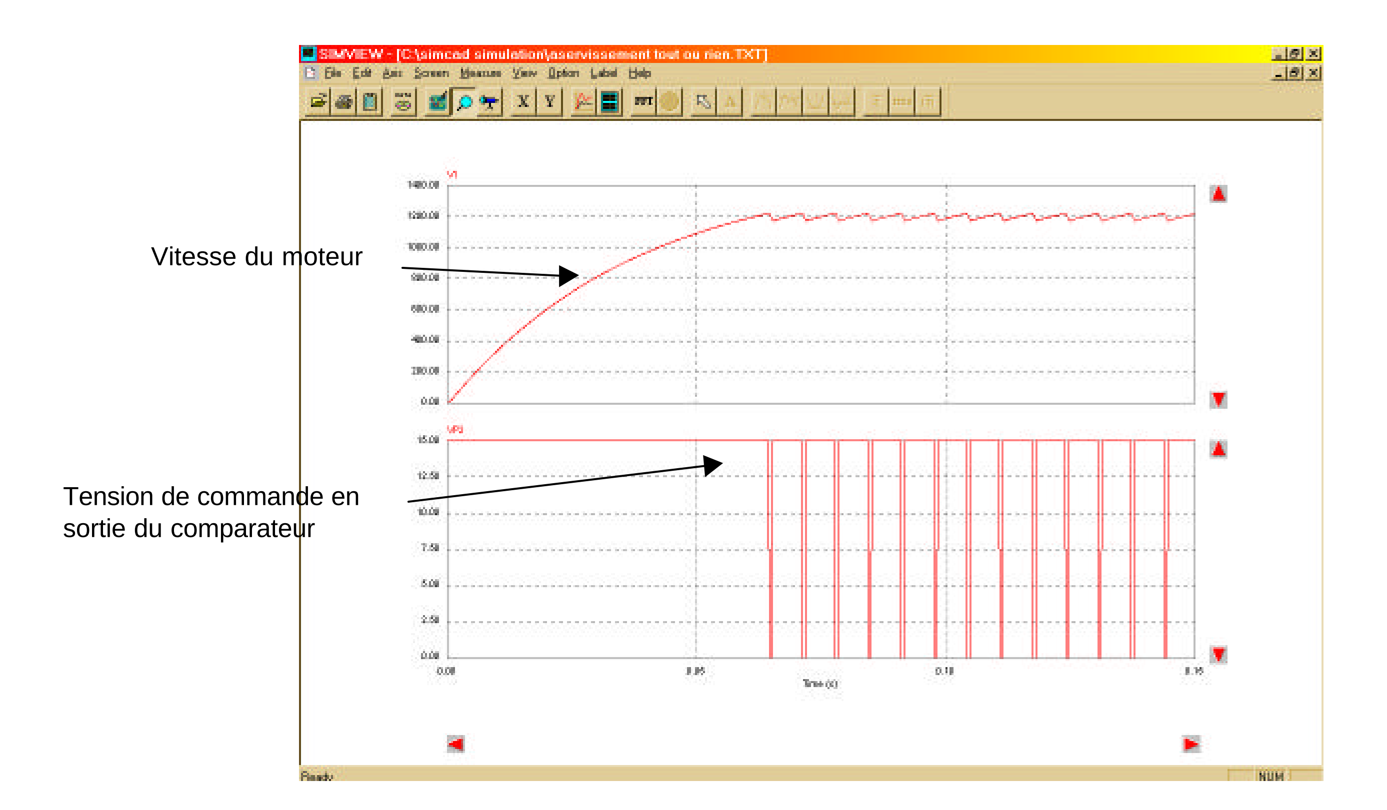
Le schéma bloc associé au schéma de simulation permet aux élèves de faire le lien entre la représentation fonctionnelle et la structure matérielle.



IV – Etude des asservissement en mode tout ou rien

L'asservissement en mode Tout Ou Rien consiste à commander le moteur tant que la consigne n'est pas atteinte; c'est à dire que ce type de régulateur délivre à l'actionneur soit la puissance totale, soit aucune puissance.

Simulation : La simulation permet de montrer aux élèves que cette méthode de régulation ne peut s'appliquer qu'aux systèmes qui supportent des oscillations et des écarts de valeur autour d'une consigne.



La précision de ce type de régulateur reste faible et n'est donc pas adaptée pour ce type d'asservissement.

Les applications qui lui conviennent sont celles qui ont des constantes de temps assez longues, par exemple le chauffage (lien avec le TP sur la régulation de température du bain régulé).

V – Etude des asservissements par modulation d'énergie

On va donc chercher à rendre la réponse du système plus précise et plus rapide. Pour cela, nous allons étudier les systèmes asservis par modulation d'énergie en introduisant la notion de correcteurs.

V.1 - Détermination du schéma bloc moteur

Nous allons maintenant nous intéresser à l'asservissement du moteur non plus sous sa forme structurelle mais sous forme de schéma bloc.

On va donc s'attacher dans un premier temps à déterminer la fonction de transfert du moteur.

Rappelons les équations fondamentales qui régissent le fonctionnement du moteur :

U(t) = E(t) + R.i(t) + L.di / dt
E(t) = k.? (t)
J.d? / dt = K.i(t) – Cr(t)

Dans un souci de simplification, on néglige le couple résistant ainsi que l'inductance de l'induit.

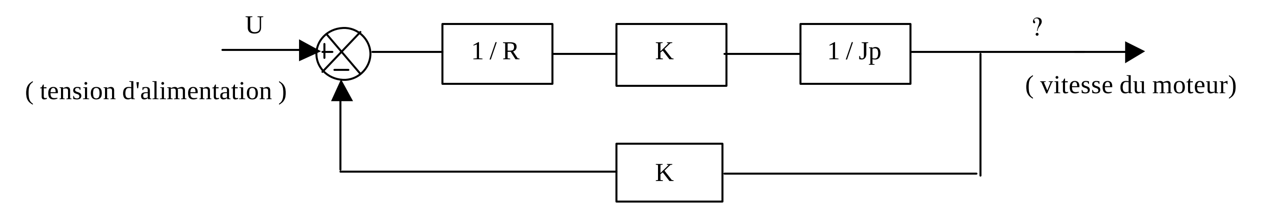
Les équations du moteur deviennent :

$$\begin{cases} U(t) = K.?\,(t) + R.i(t) \\ J.d?\,/\,dt = K.i(t) \end{cases}$$

soit en transformée de Laplace :

$$\begin{cases} U(P) = K.?\,(P) + R.I(P) \\ Jp.?\,(P) = K.I(P) \end{cases}$$

On peut donc décomposer le moteur en schéma bloc :



Calcul de la fonction de transfert de la MCC :

$$?\,(P) / U(P) = (K / RJp) / (1 + K^2 / RJp)$$

soit

$$?\,(P) / U(P) = K / (K^2 + RJp)$$

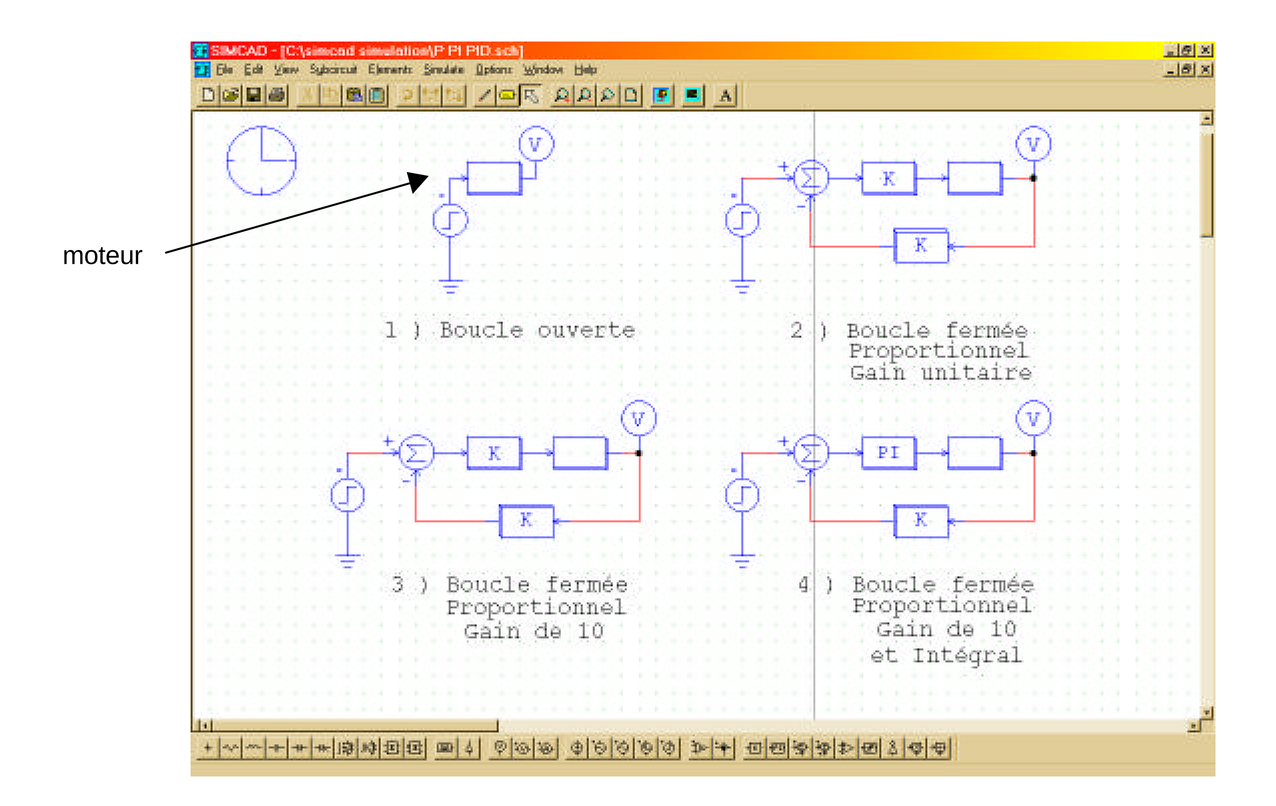
Le schéma bloc du moteur devient alors :

U(P) → $\dfrac{K}{K^2 + RJp}$ → ? (P)

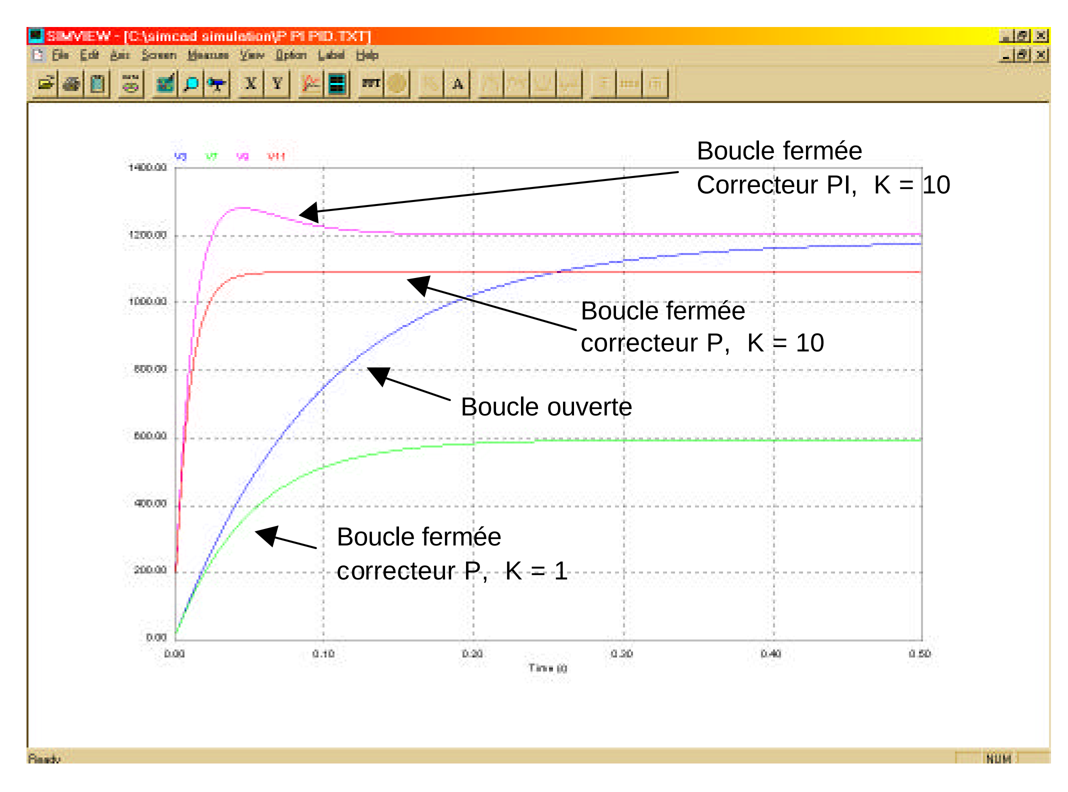
<u>V.2 – Etude de l'influence des correcteurs en boucle fermée</u>

Ayant modélisé le moteur sous forme de schéma bloc, nous allons maintenant simuler et comparer les réponses à un échelon de consigne d'un moteur non asservi (c'est à dire en boucle ouverte) à ses performances en boucle fermée avec :

- un correcteur Proportionnel de gain unitaire,
- un correcteur Proportionnel de gain 10,
- un correcteur Proportionnel et Intégral de gain 10.



Simulation 1 : Les simulations des réponses à un échelon de consigne sont représentées ci-dessous.



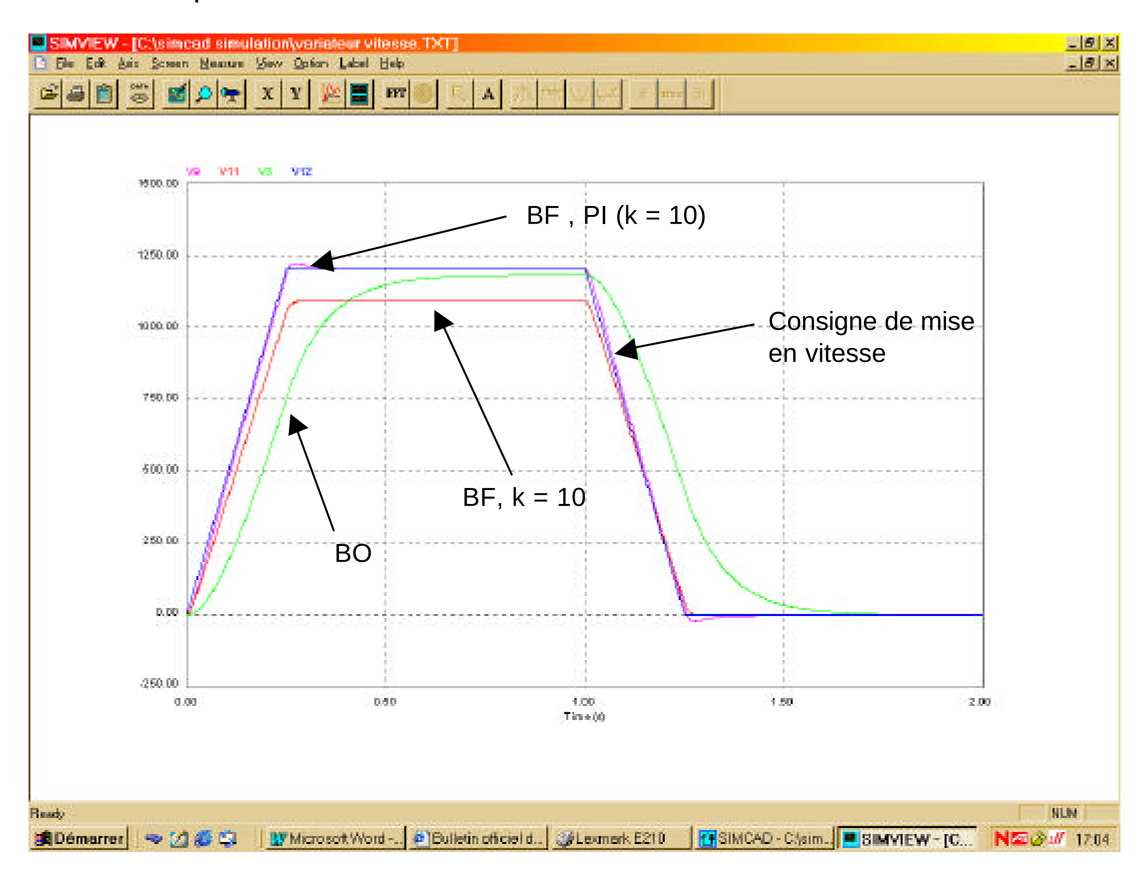
On peut donc aisément expliquer grâce à la simulation l'influence des différents correcteurs et introduire les 3 critères qui définissent les performances d'un système, à savoir :

- la rapidité,
- la stabilité,
- la précision.

On peut, avec les élèves, mesurer l'erreur et les temps de réponse de chacun d'eux. Ainsi, d'eux mêmes les élèves peuvent tirer les conclusions suivantes :

- Boucler un système améliore sa rapidité,
- L'action proportionnelle améliore sa précision,
- L'action intégrale annule l'erreur statique.

Simulation 2 : on va maintenant simuler des réponses à une consigne de mise en vitesse avec une phase d'accélération et de décélération.



La simulation nous permet de voir que seul le correcteur PI nous permet de respecter la loi de consigne. Cette dernière peut permettre de faire le lien avec l'utilisation des variateurs de vitesse dans l'industrie dans lesquels on peut paramétrer des correcteurs de type Proportionnel ou Proportionnel Intégral.

Fiche de synthèse :

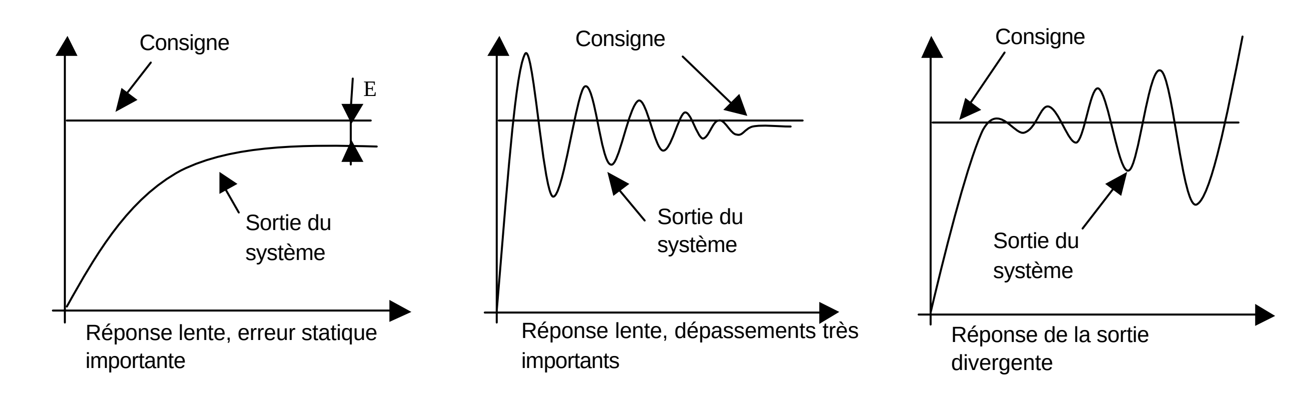
En fin de séance, une fiche de synthèse est distribuée aux élèves. Celle-ci leur permet d'y retrouver toutes les notions importantes vues durant le cours de synthèse.

Fiche de synthèse : Notions sur les systèmes asservis

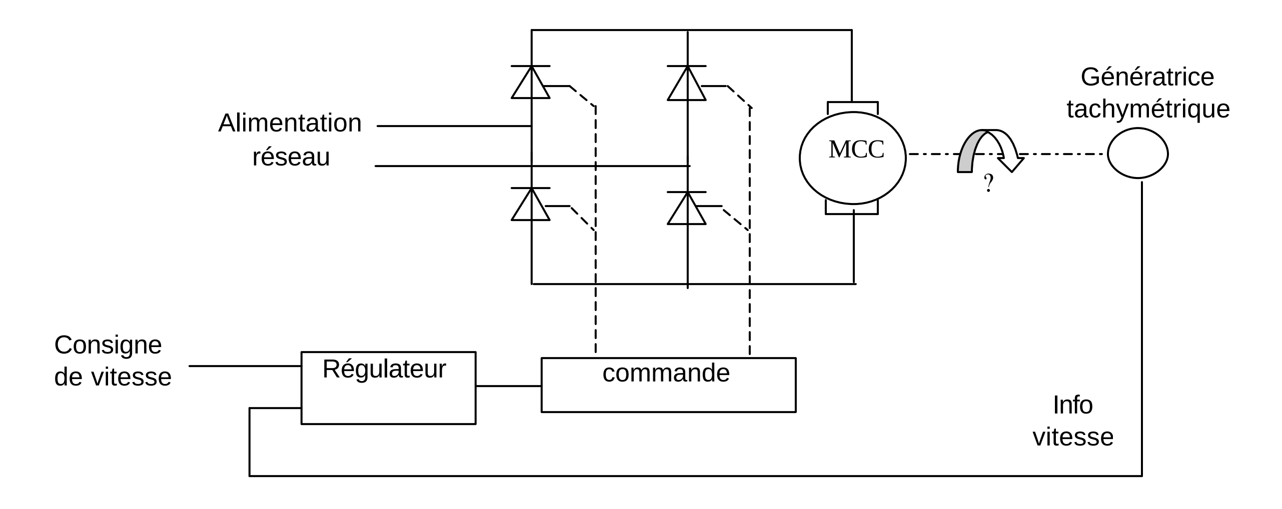
Objectif : Afin d'améliorer les performances des processus industriels, il est nécessaire de maîtriser les grandeurs mises en jeu. On est donc amené à concevoir des systèmes ou la grandeur désirée s'aligne rigoureusement sur une grandeur de consigne quelque soit l'environnement.

Solution au problème : Mise en œuvre d'un système bouclé possédant une rétroaction de la sortie sur l'entrée, dit système asservi.

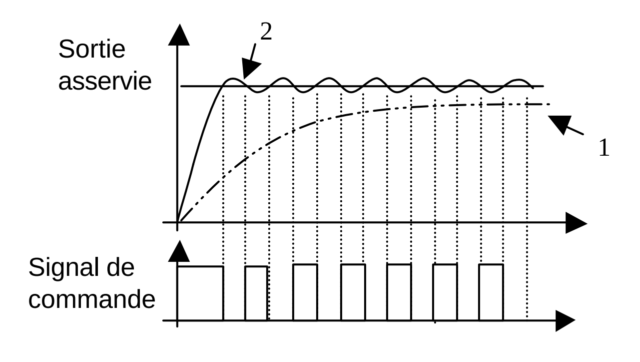
✍ Différents types de réponses pour des systèmes non asservis



✍ Principe de l'asservissement de la vitesse d'une MCC



✍ Asservissement Tout ou Rien



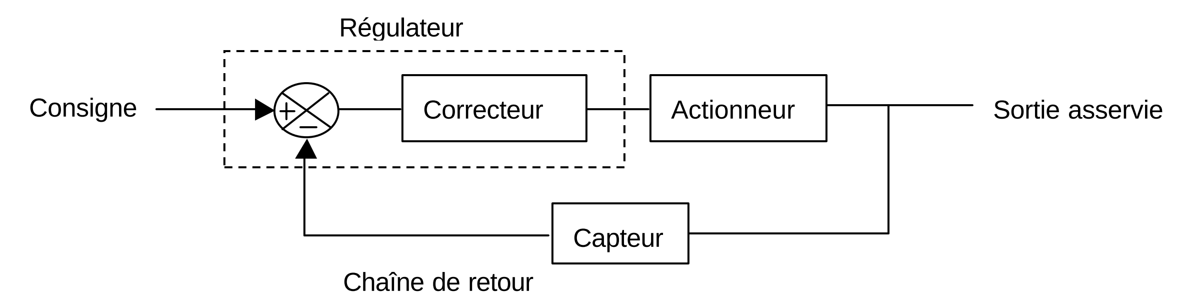
1 : système en boucle ouverte
2 : système bouclé en mode Tout ou Rien

Simple et d'emploi courant, la méthode d'asservissement Tout ou Rien ne peut s'appliquer qu'aux systèmes qui supportent des oscillations et des écarts de valeur mesurée autour d'une consigne.

✍ Les critères

Il existe 3 critères importants concernant les performances attendues pour un système asservi :
- **la précision** (erreur statique E faible),
- **la rapidité** (temps de réponse rapide, tr défini pour E < 5 %),
- **la stabilité** (grandeur de sortie constante)

✍ Schéma bloc d'un système asservi en boucle fermé :



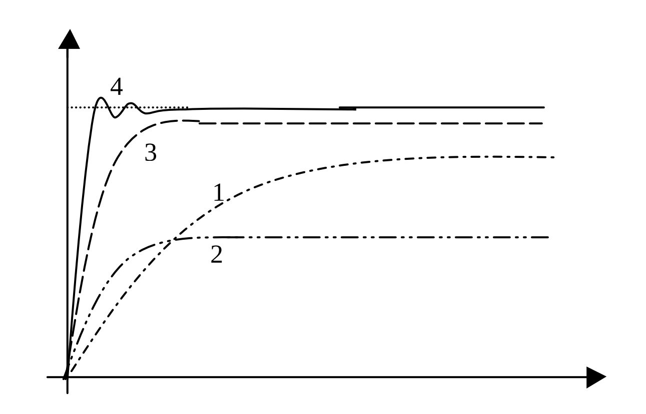
<u>Le régulateur</u> : il élabore un signal de commande nécessaire au pilotage du système.
Il comporte : - un comparateur qui donne l'erreur entre la consigne et la sortie du système,
- **un correcteur qui permet d'améliorer les performances de l'asservissement**.

<u>L'actionneur</u> : il fournit la puissance au processus à partir du signal élaboré par le régulateur (moteur, vérin,…)

<u>Le capteur</u> : il mesure la grandeur de sortie et la transmet au régulateur (génératrice tachymétrique, sonde de température, codeur incrémental,…)

✍ Influence du correcteur sur les performances de l'asservissement

2 types de correcteurs sont utilisés :
- le **correcteur proportionnel (P)**, constitué d'un gain K,
- le **correcteur Proportionnel et Intégral (PI)**, constitué d'un gain associé à un intégrateur



1 : système en boucle ouverte
2 : système en boucle fermée avec un correcteur proportionnel de gain K
3 : système en boucle fermée avec un correcteur proportionnel de gain K" (K" > K)
4 : système en boucle fermée avec un correcteur proportionnel et intégral

> **<u>Conclusion :</u>**
> - Boucler un système améliore sa rapidité
> - L'action proportionnelle améliore sa précision
> - L'action intégrale annule l'erreur statique

Conclusion :

L'utilisation d'un logiciel de simulation offre la possibilité de réaliser un cours de synthèse tout en ayant la possibilité d'observer et d'interpréter en temps réel les phénomènes et les grandeurs visualisés.

Grâce à son utilisation, il permet de faire la synthèse en ce qui concerne les études des différentes fonctions décrites dans le référentiel, tout en étant fidèle aux systèmes techniques réels.

Ce rapport met en évidence la complémentarité des approches pratiques (TP), indispensables en filière technologique, avec une approche par simulation utilisée durant les cours de synthèse.

L'étude des systèmes asservis a été le support pédagogique développé pour des élèves de Terminale STI Génie Electrotechnique. Il est bien évidemment que de nombreux autres thèmes auraient pu être traités et adaptés à d'autres niveaux d'enseignements comme des classes de BTS Electrotechnique.

Mon souhait en tant qu'enseignant est de voir se développer, au sein des équipes enseignantes, ces techniques de simulation qui permettraient une approche pédagogique , tout en sachant par ailleurs que ces techniques sont extrêmement répandues en milieu industriel.

Bibliographie :

? ? www.powersimtech.com : site Internet de la société Powersim

? ? Manuel d'utilisation du logiciel Psim

? ? Référentiel STI Génie Electrotechnique

Annexe 1

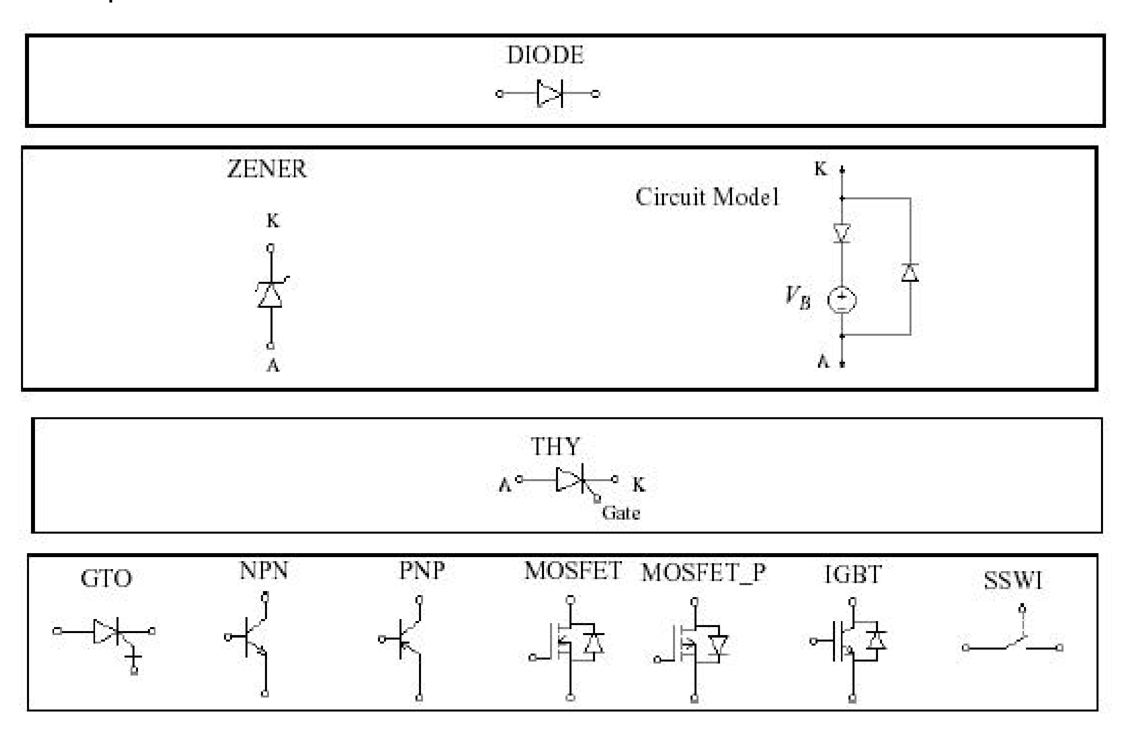
Descriptif des principaux éléments de la bibliothèque de composants du logiciel Psim

Composants passifs : résistances, inductances, condensateurs

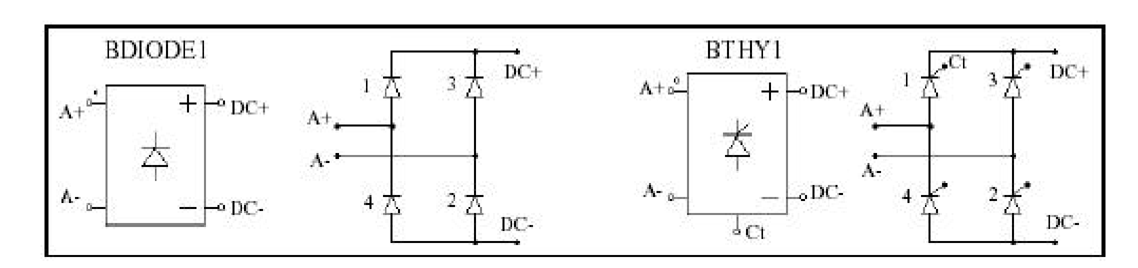
R L C RL RC LC

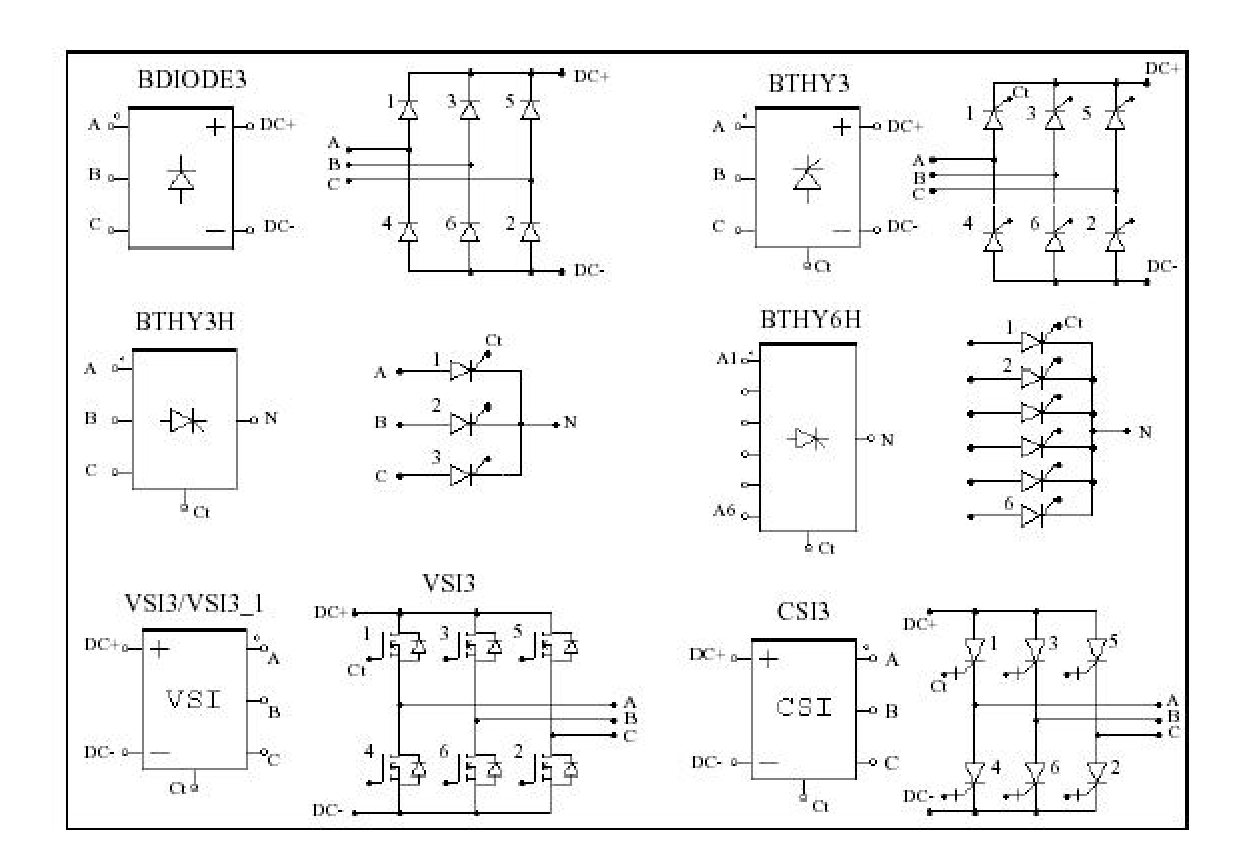
RLC R3 RL3 RC3 RLC3

Interrupteurs : diodes, diodes zener, thyristors, Transistors bipolaire, MOSFET, IGBT, Interrupteurs bi-directionnel

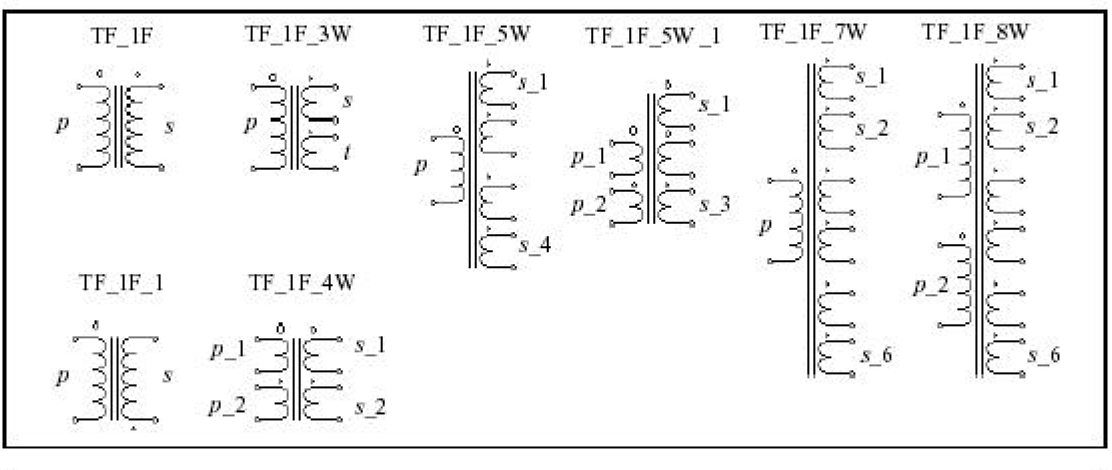


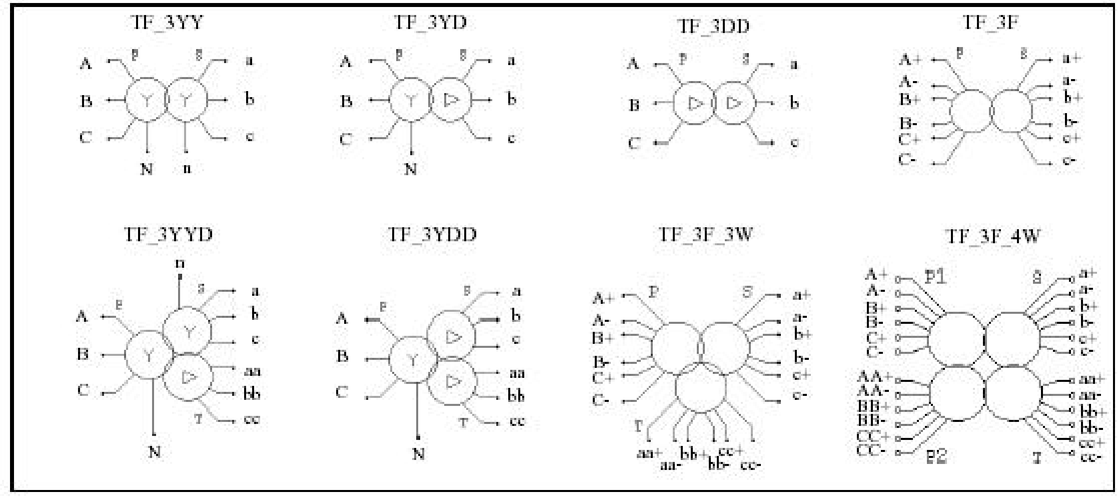
Convertisseurs statiques : monophasé, triphasé



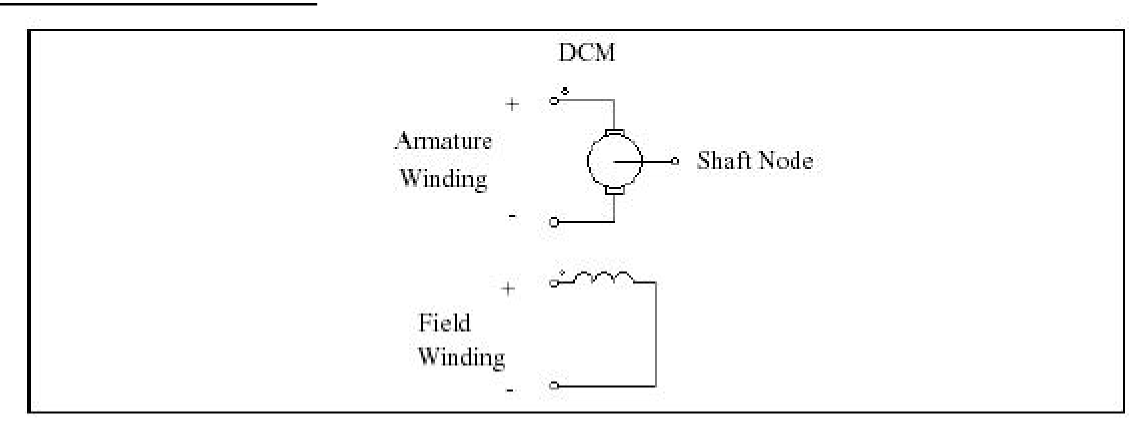


Transformateurs : monophasé, triphasé

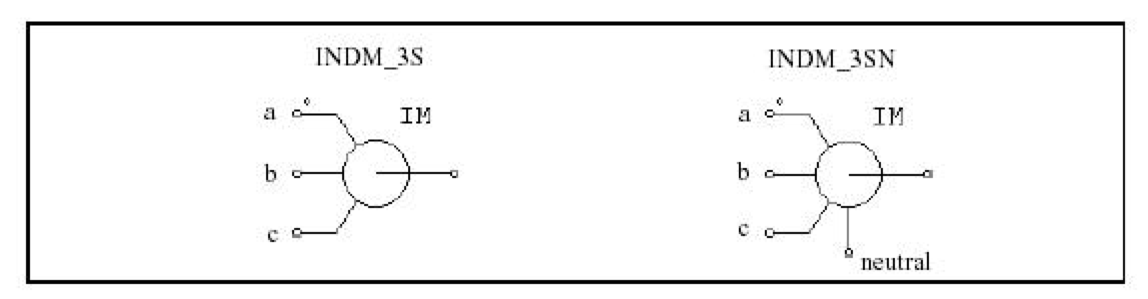




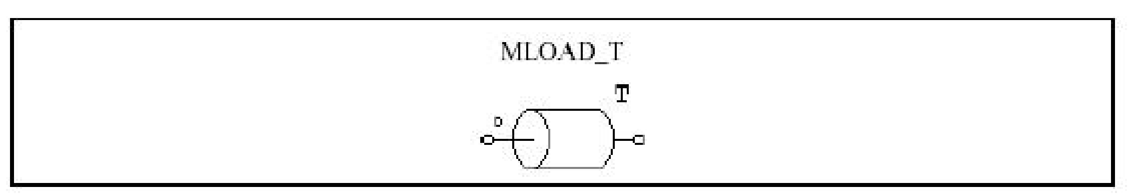
Machine à courant continu :



Machine asynchrone :

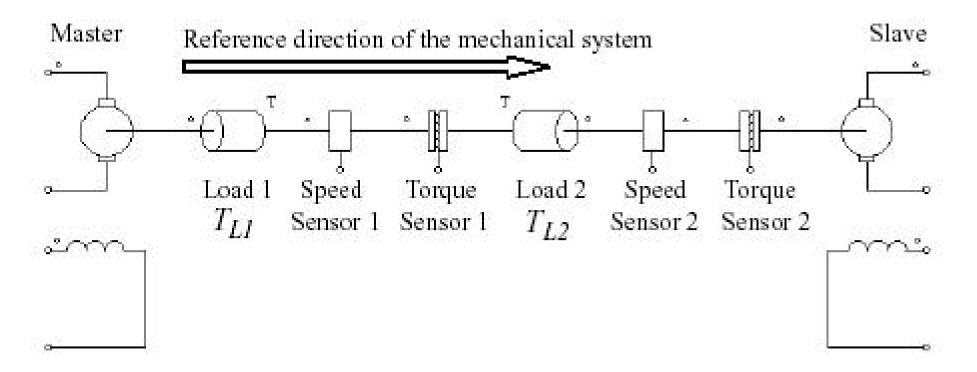


Charge mécanique :

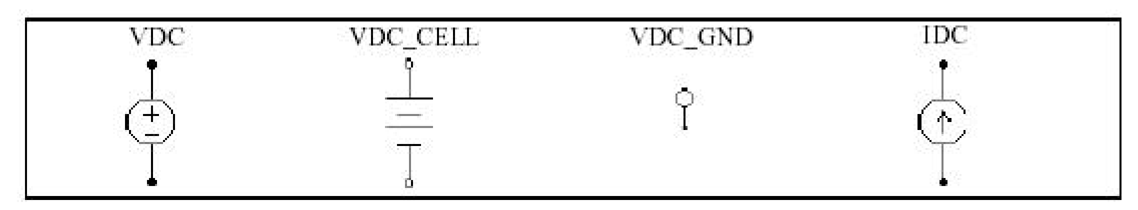


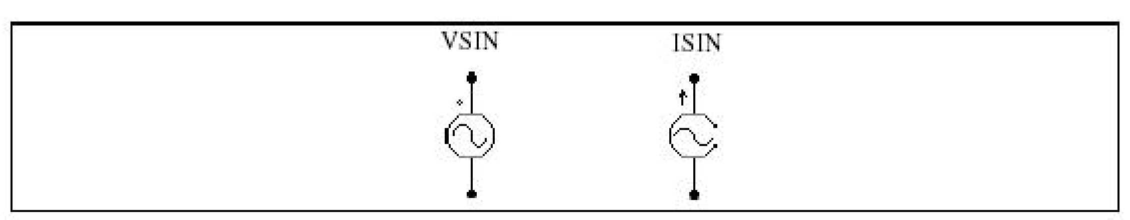
Mesures de couple et de vitesse :

Arbre mécanique pouvant alors être obtenu :



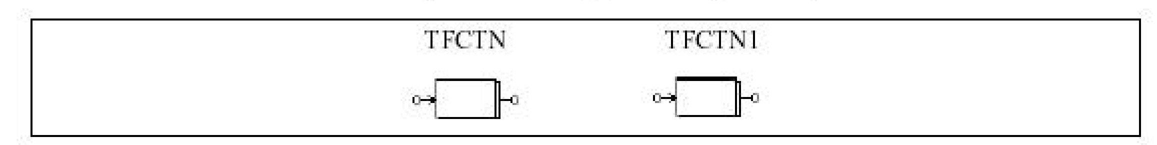
Générateurs : continu, sinusoïdal, carré, triangulaire,…



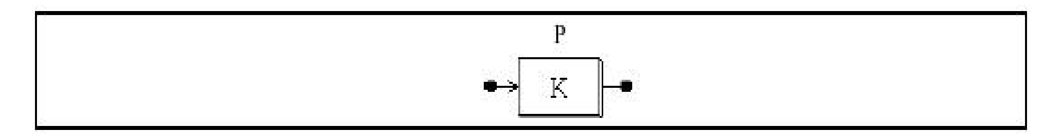


Fonctions de transfert :

$$G(s) = k \cdot \frac{B_n \cdot s^n + \ldots + B_2 \cdot s^2 + B_1 \cdot s + B_0}{A_n \cdot s^n + \ldots + A_2 \cdot s^2 + A_1 \cdot s + A_0}$$

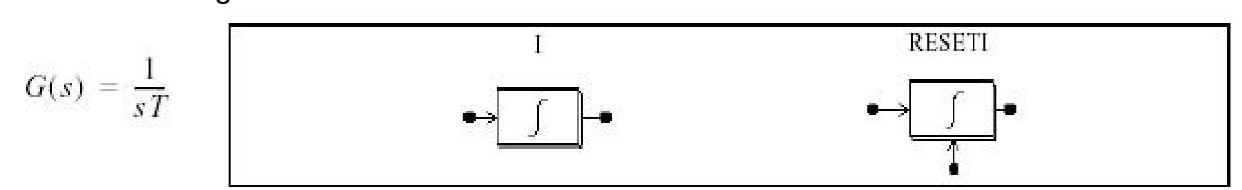


Correcteur Proportionnel



Correcteur Intégrateur

$$G(s) = \frac{1}{sT}$$



Correcteur Dérivateur

$$G(s) = sT$$

DIFF

sT

Correcteur Proportionnel Intégral

$$G(s) = k \cdot \frac{1 + sT}{sT}$$

PI

PI

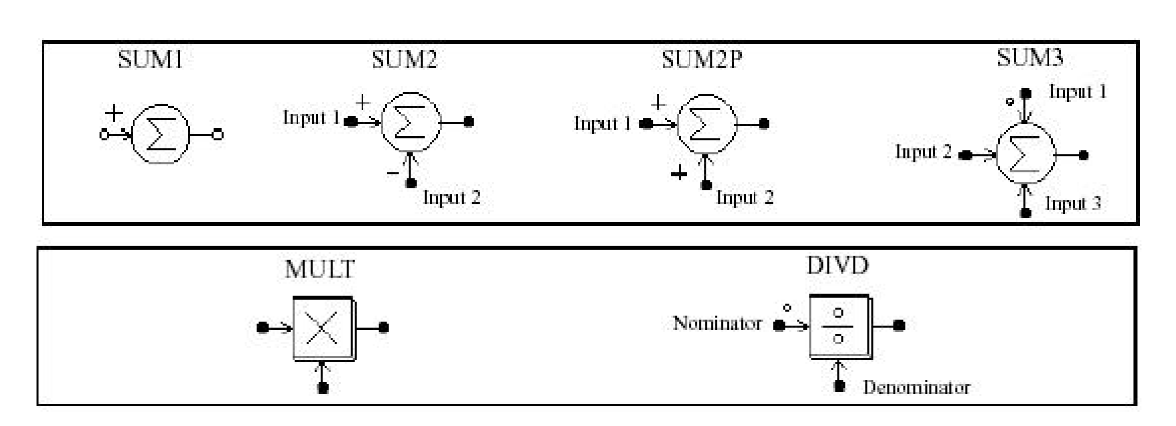
Filtres : pass-bas, pass-haut, pass-bande, coupe-bande

$$G(s) = k \cdot \frac{\omega_c^2}{s^2 + 2\xi\omega_c s + \omega_c^2} \qquad G(s) = k \cdot \frac{s^2}{s^2 + 2\xi\omega_c s + \omega_c^2}$$

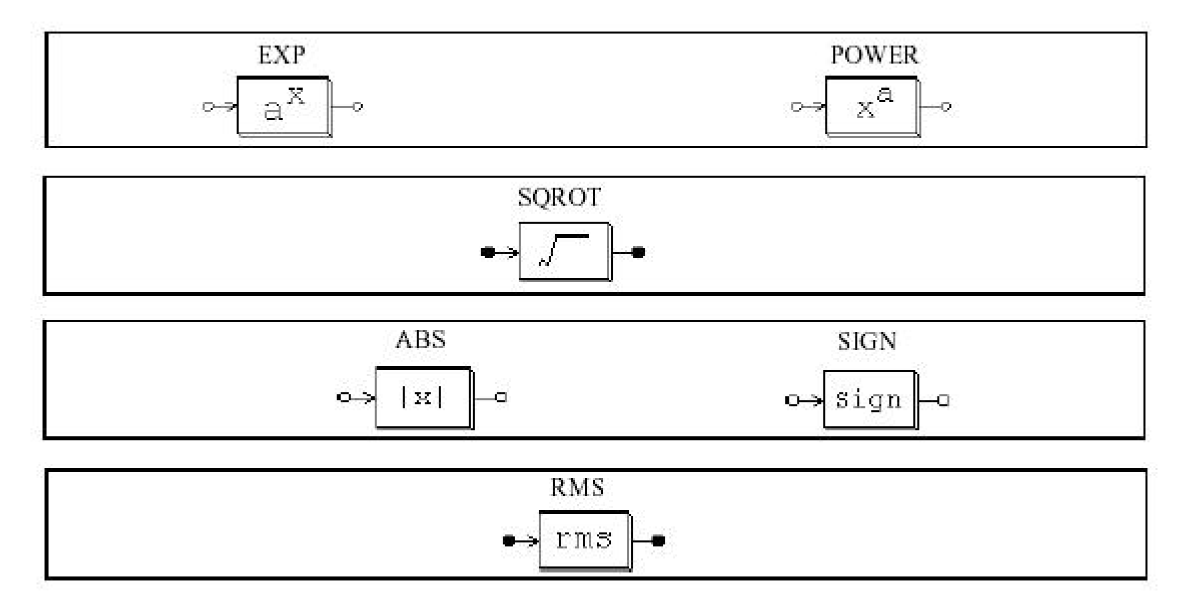
$$G(s) = k \cdot \frac{B \cdot s}{s^2 + B \cdot s + \omega_o^2} \qquad G(s) = k \cdot \frac{s^2 + \omega_o^2}{s^2 + B \cdot s + \omega_o^2}$$

FILTER_LP2 FILTER_HP2 FILTER_BP2 FILTER_BS2

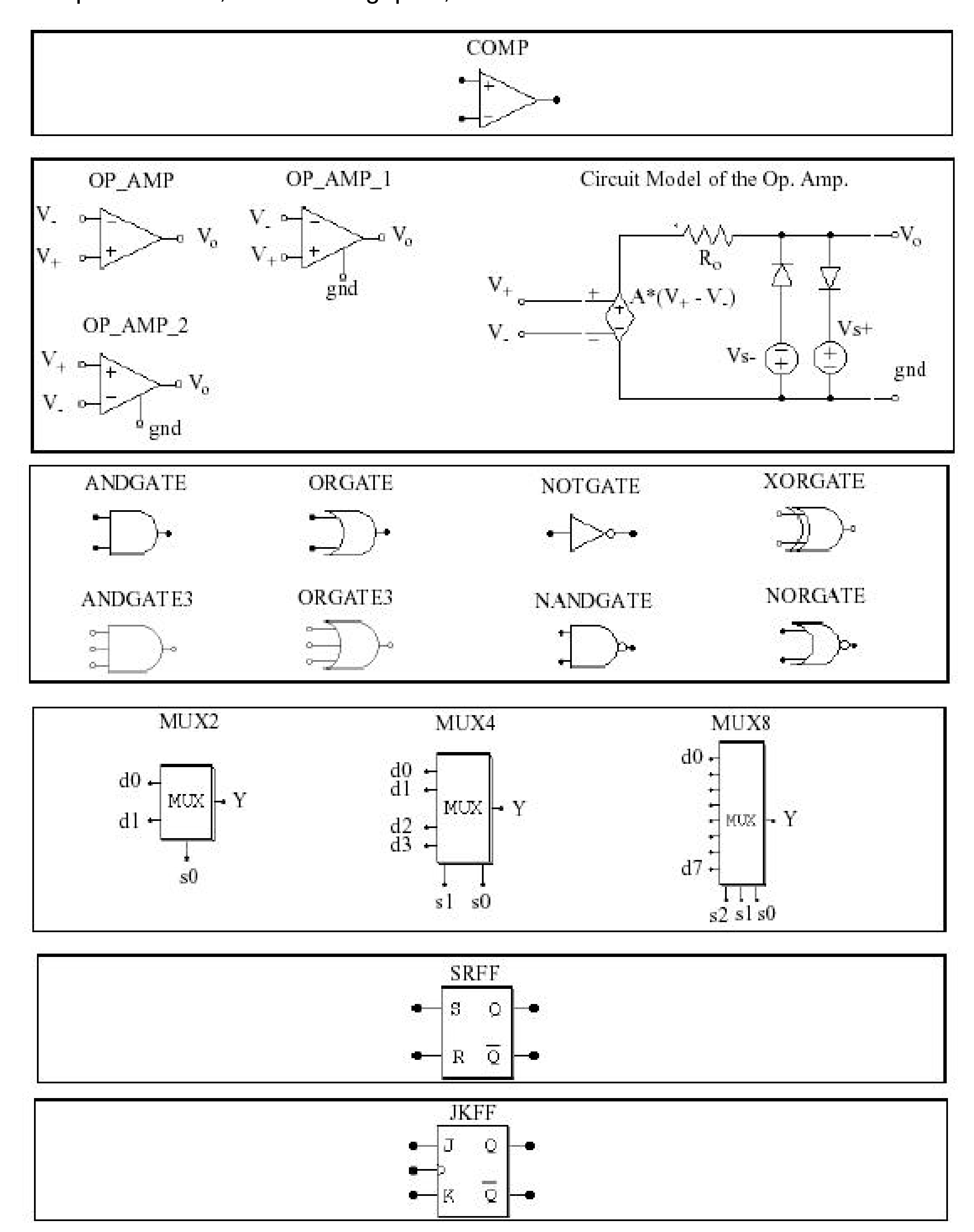
Opérateurs : sommateur, multiplicateur,….



Fonctions mathématiques : puissance, exponentiel, racine carré, valeur absolue, valeur efficace, ……



Composants électroniques : comparateurs, multiplexeurs, amplificateurs opérationnels, fonctions logiques, bascules RS et JK



Appareils de mesure : sondes de tension et de courant, voltmètres, ampèremètres, wattmètres (mesure des puissances active et réactive, facteur de puissance)

Annexe 2

Documentation commerciale du logiciel Psim

PSIM

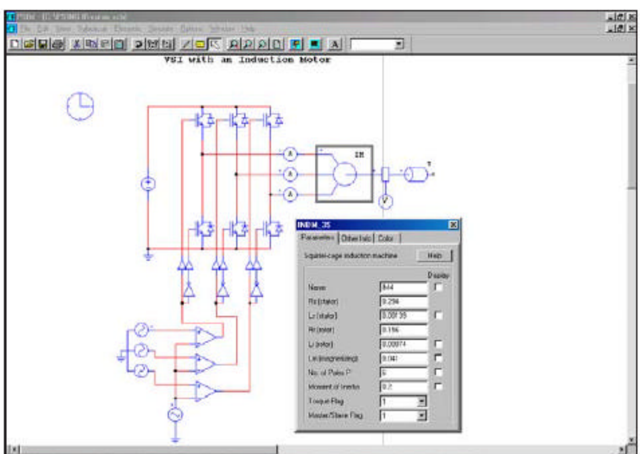
Simulation software

For power electronics and electrical system

Simple

PSIM software has been specifically developed for simulation of power electronic converters and electrical systems. Its user-friendly and intuitive interface, its fast calculation and its stability make PSIM a simple but powerful simulation tool, ideal for system analysis, equipment design and teaching.

A diagram is produced just as quickly as it would be by hand, using the mouse to take the required library component and to place it in the circuit. Each standard library component is designed according to its principal characteristic. The secondary or spurious parameters are not taken into account, which has the advantage of considerably reducing the diagram production and simulation time. Experience has clearly shown that with PSIM software you can start working immediatly.

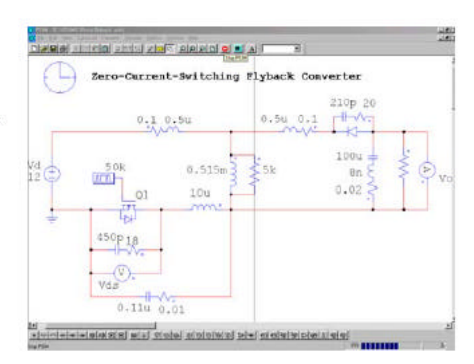


Robust

PSIM is one of the fastest and the most robust power converter simulator on the market. PSIM deals perfectly with switched systems and with all the components and equipment of electric network. PSIM can be used easily for simulations, even for complex systems.

Complete

You connect the sources, the converters, the loads (including motors and mechanical loads), the control and feedback loops and the measuring instruments on the same diagram. PSIM includes a comprehensive library of electrical engineering items : semiconductors, transformers, motors, sensors, different current and voltage sources, control, mathematic and logic functions, passive elements. Each parameter is accessible simply with a double click on the corresponding element in order to adjust its value and initial conditions.



If the same sub-assembly appears several times, you can make up a block and insert it as many times as necessary. If you have already programmed a model or parameters on C/FORTRAN language, you can integrate them directly into the diagram in the form of DLL block that will take into account the inputs/outputs and the dynamics of the elements. Moreover, you can compile reports and integrate the diagrams and waveforms obtained during simulation.

Ideal for development teams and for teaching, this tool, which will win you over by its potential, its simplicity and its price, is one of the most attractive on the market.

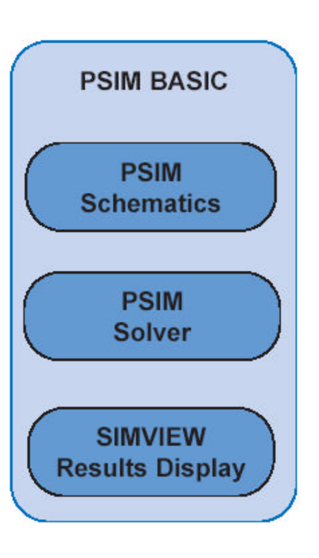
PSIM Basic

PSIM consists of a basic configuration **"PSIM Basic"** which integrates three programs :

PSIM Schematics includes an efficient, easy-to-use graphical editor as well as a library of standard components and functions. You can use it to build up your own models or to use library models to represent the circuits to be simulated.

PSIM is the core of the simulator. it uses a simulation algorithm adapted to deal with the problems of convergence and the prohibitive calculation time characteristic of the simulations of switching systems.

SIMVIEW is the waveform display interface. It can be used to perform arithmetical operations on curves, and with a click of the mouse, to obtain the instantaneous, rms and mean, maximum and minimum values and to zoom on the interesting transients.



Additional modules

This basic configuration can be complemented with three additional modules:

the "Motor Drive Module" (library of electrical machines)
the "Digital Control Module" (library of discret and digital control functions)
the "SimCoupler Module" (allow co-simulation with Matlab/Simulink).

Annual maintenance

An annual maintenance plan is offer. For the cost of 20% of the software price, the maintenence plan entitles you to technical support, and free version update and upgrate

PSIM VERSIONS

The professional version

The professional version has the full functionality and has no size limitation. Users have three options when buying the professional version:

A Stand alone version either with a hardlock key (dongle) or without the key (Softkey version). The hardlock key version comes with a key which can be connected to either the parallel port or USB port.

Stand alone version with dongle

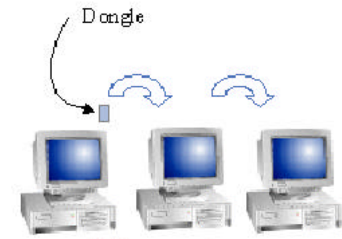
On the other hand, the softkey version does not require any key. However, the only requirement for the softkey version is that it needs to be activated after the software is installed. At the moment of activation (which normally takes a few seconds), the computer must be connected to the internet. After the software is activated, however, the computer no longer needs to be connected to the internet.

Stand alone version with softkey

A Network version which allows multiple users to access and run the software simultaneously over a network. The network version comes with a key.

Network version with dongle

A Multiuser version. This version runs with one dongle which has to be connected on the parallel port of each PC (no limit number) to start the software.



Multiuser version

The student version

The student version is a version halfway between the professional version and the evaluation version.
It has the full functionality, but the total element size is limited to 60. It is available in softkey version only, and from a minimum quantity of 5 licences.

The demo version

The demo version is free. It has the full functionality, with the exception that the subcircuit and library editing functions are disabled. The total element size is limited to 34. In addition there are further limits on individual elements.

PSIM

PSIM Professional Prices for Europe Education in Euros

	Stand alone Version Soft Key Version	Network Version 1 User	Network Version 5 Users	MultiUser
PSIM Basic 6.0	940	1 075	1 477	1 472
Motor Drive 4.0	336	370	470	667
Digital Control 3.0	269	303	403	610
Sim Coupler 1.0	345	403	575	667

PSIM 6.0 Suite Basic 6.0 + Motor Drive 4.0 + Digital Control 3.0 + SimCoupler 1.0	1 668	1 955	2 818	3 301

PSIM Student Prices for Europe Education in Euros

	Soft Key Version
PSIM Basic 6.0	103
Motor drive 4.0	58
Digital control 3.0	58
Sim Coupler 1.0	58

Contact us

POWERSYS :
Tel : +33 4 42 63 60 88 - Fax : +33 4 42 63 61 19
Email : **info@powersys.fr**

General information on the web site : **www.powersimtech.com**